تلوث البيئة..
وصحة الإنسان

المبيدات - والمعادن الثقيلة

تأليف

أ.د / ممدوح فتحي عبد الصبور

وحدة تلوث المياه والتربة

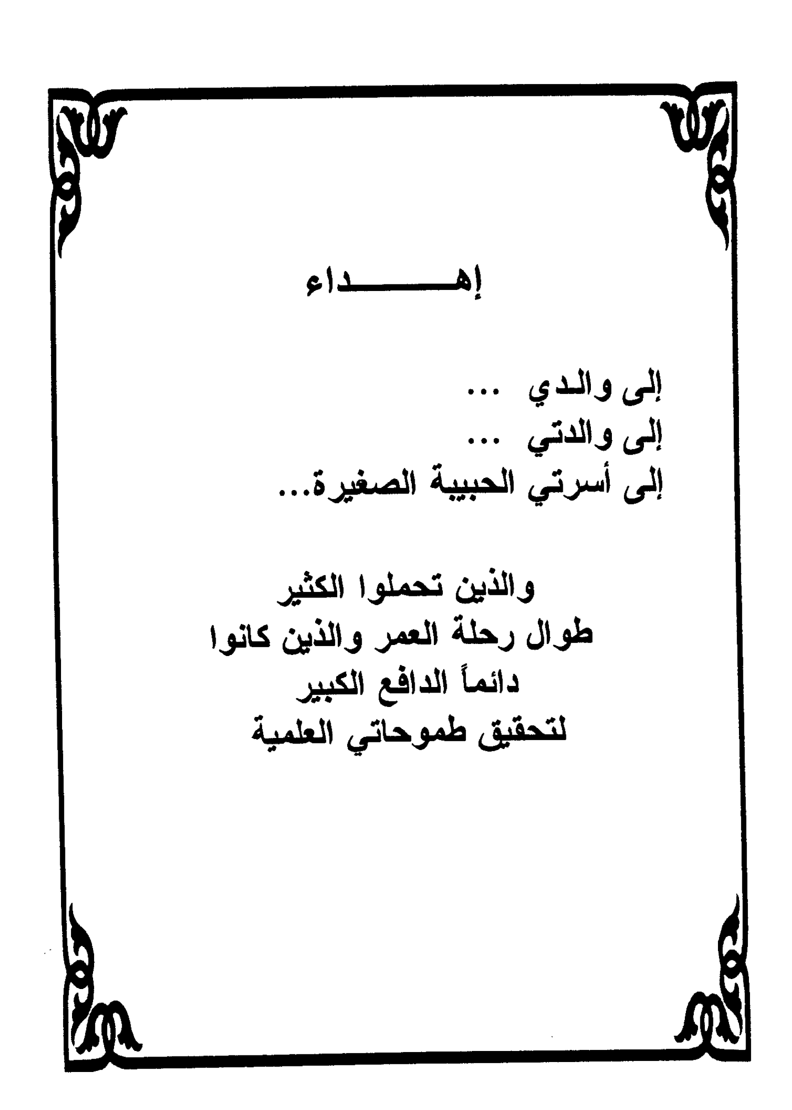
مركز البحوث النووية

هيئة الطاقة الذرية

الطبعة الأولى ٢٠٠٠

بسم الله الرحمن الرحيم





إهـــــداء

إلى والـدي ...
إلى والدتي ...
إلى أسرتي الحبيبة الصغيرة...

والذين تحملوا الكثير
طوال رحلة العمر والذين كانوا
دائماً الدافع الكبير
لتحقيق طموحاتي العلمية



محتويات الكتاب



قضية تلوث البيئة أصبحت من أهم المشاكل التي تشغل العالم لأنها ترتبط إرتباطاً وثيقاً برفاهية واقتصاديات الدول سواء المتقدمة أو النامية أدرك العالم بأنه يجب التخطيط للتنمية المتواصلة للحفاظ علي البيئة في الحاضر والمستقبل بل وعلاج مشاكل الماضي لاعادة الاتزان إلى البيئة ومنظومتها حتي يتعايش معها الانسان في سلام.

ونتيجة للثورة الصناعية والطلب المتنامي على الغذاء والألياف مما أدى إلى انبثاق الثورة الخضراء في أوائل القرن العشرين وتوسع الإنسان في استخدام وانتاج الكيماويات الزراعية والوسيطة والصناعية وما استتبع ذلك من استخدام المبيدات والهرمونات والمواد الصناعية المختلفة والزيادة في استخلاص خامات المعادن وبالتالي الإخلال بالتوازن البيئي والتركيز علي مناطق معينه مما أدى إلى مشاكل بيئية يقاسي منها النبات والحيوان والإنسان فعلي سبيل المثال تم استهلاك أكثر من ٢ مليون رطل من المبيدات عام ١٩٧٥ وبعضها كان ذا سميه ملحوظة علي مدي واسع من الكائنات الحية وغزت المبيدات كل جزء علي سطح الكره الارضية. في الفترة من عام ١٩٧٠ - ١٩٩٠ وقع ١٨٠ حادثا صناعيا خطيرا علي نطاق العالم ، أدت إلي انبعاث مركبات كيماوية مختلفة في البيئة المجاورة للمصانع وقد أسفرت عن وفاة ثمانية آلاف شخص واصابة ٢٠ ألف واجلاء مئات الألوف (أهمها حادث بوهبال - الهند - إنبعاث ٣٠ طن من مادة الميثيل السامة) ومن نتيجة الإجراءات البيئية المتشددة نقلت الدول المتقدمة صناعاتها إلى الدول النامية مثل جنوب شرق آسيا وأمريكا اللاتينية والكاريبي والشرق الاوسط. واعتقد أننا اليوم في أمس الحاجة لزيادة المعرفة العلمية والتقنية المتعلقة باستخدام الكيماويات الزراعية والصناعية والنظر إلى البيئة كمنظومة متكاملة يجب

توضيح مفهومها للرجل العادي بسهوله ويسر حتى يتعايش الإنسان مع بيئته في سلام وحتى يمكن الوفاء بمتطلبات حياته ومتطلبات الأجيال القادمه٠

ويركز الكتاب علي أخطر الملوثات شيوعا وهو التلوث بالمعادن الثقيلة والمبيدات سواء في الهواء والماء والتربة أو النبات والتأثيرات الضارة علي الإنسان والحيوان ويهدف المؤلف إلى تبسيط وتوضيح العلاقات بين هذه الملوثات ومكونات البيئة المختلفة وحتى يمكننا رسم استراتيجيات للمستقبل تحافظ علي رفاهية الإنسان كما يهدف المؤلف إلى جذب أكبر عدد من المثقفين العرب وحفزهم علي الاهتمام بقضايا البيئة والتوازن البيئي حتى يمكن وضع برامج مستقبلية للتنمية الشاملة المتواصلة في الوطن العربي وأخذ العبر من تجارب الآخرين في القرن الماضي وتجنب المشاكل البيئية التي وصلوا اليها٠

وأرجو من الله أن يسهم هذا الكتاب بقسط متواضع في خدمة البيئة في مصر وبلادنا العربية جميعها بأذن الله٠

المؤلف

أ٠د / ممدوح فتحي عبد الصبور



الفصل الأول

البيئـــــــــة

كان مجموع سكان الأرض قبل حوالي عشرة آلاف سـنة يقدر بحوالـى خمسة ملايين أو ما يساوى سكان إحدى المدن الكبيرة في عالم اليوم. وكـان هذا العدد ثابتـاً تقريبـاً وكـان الإنسـان آنـذاك صيـاداً يبحـث عـن غذائـه مـن الحيوانات والنباتات البرية، ولذا كان مصدر غذائه ثابتاً بصورة نسبية وقامت فترات الجفاف والكوارث الطبيعية بدور فعال في الحد من النمو السكاني.

وأول خطـوة عملاقـة اتخذهـا الإنسـان لاسـتغلال البيئـة كـانت قيامـه بالزراعة قبل حوالي ٨٠٠٠ سنة حيث رفع قدره مصادره الغذائية بشكل حـاد وإستطاع أن يطور أساليب الصيد فقلل من اعدائـه الطبيعيـة ونتـج عـن ذلـك زيادة النوع الإنسانى وقلت العوامل التي تتحكم فـي معدل إزديـاده. وبازديـاد النوع الإنسانى فرض سيطرته على البيئة وأخذ يضحـى بالغابـات والمراعـى وحين تعقدت التقنية التي إبتدعها إخترع آلات تدار بالوقود الحفرى ومصـادر الطاقة الأخرى مما زاد من التقدم التقني وزاد عدد السكان إلى أعلى معـدلات وبـرزت المـدن الكبـيرة المكتظـة وأصبـح هواؤهـا مملـوء بالدخـان والغـازات السـامة وأصبحـت الأنهـار والبحيرات تزخـر بمخلفـات الصناعـة والنفايـات وإختفت من البيئـة آلاف الأنـواع مـن الحيوانـات والنباتـات وإختـل التـوازن البيئى وظهرت علامات خطيرة على إجهاد البيئـة. وبالرغم من أن الأرض واحدة لكن العالم ليس كذلك! وبـالرغم مـن أننـا جميعـا نعتمـد علـى محيـط حيوى واحد للإبقاء على حياتنا إلا أن كل بلـد يكافح من أجل البقـاء والرخـاء دون إعتبـار لأى أثـر ضـار علـى الآخريـن والبعض يسـتهلك مـوارد البيئـة بمعدل لن يترك سوى القليل للأجيال المقبلة ، وقـد وقعـت أجـزاء عـديدة مـن العالم في دوامـة منحـدر مـروع : فـالفقراء مجـبرون علـى إسـتنزاف مـوارد البيئة في سعيهم للحصول على قـوت يومهم لكـن إفقـارهم للبيئــة يـؤدى إلـى

مـزيد من فقرهـم ، مما جعل بقاءهم ذاته أكثر صعوبة وأقل يقينا من أى وقت مضى ، واليوم يواجه العديد من المناطق فـي العـالم مخـاطر وأضـرار بيئيـة والتي لا يمكن إصلاحها في أغلب الأحيـان وظهـر أن النـوع الإنسـاني نفسـه أصبـح عـامل تهديد خطـير لسكان الأرض مـن الأحيـاء. ومـن هنـا ظهـرت النداءات وكثر الإهتمام بأن نتعلم الوسائل الممكنة لمنع دمـار البيئـة وإصـلاح ما فسد وأن يصبح الإنسان أكثر وعياً بآثار أفعاله علـى البيئـة المحيطـة ليـس محلياً ولكن عالمياً وعلى مستوى الكرة الأرضية ككل.

ووجـدنا في كل مكان إهتمام عـام عميقـاً بالبيئـة ، إهتمـام أدى إلـى تغير في السـلوك العام تجـاه البيئـة ، وليـس أمـام سـكان الأرض متسـع مـن الوقت ليتهاونوا في البـدء فـوراً بحمـلة ضـد إفسـاد البيئـة ولابـد وأن ينتشـر الوعي البيئي على جميع مستويات المجتمع بخطورة المشاكل البيئية ولينهـض متكاتفاً لتذليل التقنية التي يملكها لتحسين نوع الحياة التي يحياها.

إجهاد البيئة : الأعراض والأسباب

كان الإجهاد البيئـي يعتـبر دائمـا نتيجـة الطلـب المتنـامي علـى المـوارد الطبيعية الشحيحة والتلوث الناشـئ عـن ارتفـاع مسـتويات الحيـاة عنـد أولئـك الذين يتمتعون بالرخاء النسبي. لكن الفقـر في حـد ذاته يلوث البيئـة ويجهدهـا بطريقـة مختلفـة. فـالفقراء والجيـاع غالبـا مـا يدمـرون بيئتهـم المباشـرة فـي كفـاحهم مـن أجـل البقـاء : فهم يقطعـون أشـجار الغابـات وتنهـك ماشـيتهم المراعى ويستنزفون الأراضي الضعيفة ويتزاحمون بأعداد كبيـرة فـي المـدن المكتظة، والآثار المتراكمة لهـذه التغيرات بعيـدة المـدى بحيـث تجعـل الفقـر نفسه من بين الكوارث العالمية الرئيسية.

ومـن الجـانب الآخـر كـان النمـو الاقتصـادي يـؤدى إلـى تحسـن فـي

مستويات الحياة ولكن بلوغ ذلك كان يتم بطرق مضرة على النطـاق العـالمي على المدى البعيد وكان كثير من هذا التقدم يستند إلى استخدام كميات مـتزايدة من المواد الخام ، والطاقة والمواد الكيماوية ودائمـا مـا كـان يـؤدى إلـى آثـار جانبية من التلوث لم يكن يحسب له حساب عند وضـع أرقـام تكلفـة العمليـات الإنتاجية. وكان لهذه الاتجاهات آثـار غـير متوقعـة علـى البيئـة ، لذلـك فـإن التعديات البيئية الحالية تصدر عن الافتقـار إلـى التنميـة وعـن العـواقـب غـير المقصودة لبعض أشكال النمـو الاقتصـادي على حـد سـواء.

ومـع زيـادة السكان والإنتـاج ذادت متطلبـاتنا مـن المـوارد الطبيعيـــة وبالرغم من أن الطبيعـة كريمـة لكنها رقيقة ومتوازنة بشكل دقيق ، وهنــاك حـدود لا يمكن تخطيهـا دون تهديد السـلامة الأساسـية لنظـام الطبيعـة ونحـن نقترب الآن من كثير من هذه الحـدود وعلينـا أن نتنبـه أكثر مـن أى وقت مضى للمخاطر التي تهدد بقـاء الحيـاة على الأرض.

فهنــاك زيـادة حـرارة سطح الأرض وهـى خطـر يهـدد نظـام الحيـاة ، ويتـأتى مباشـرة مـن زيـادة إسـتهلاك المـوارد حيـث يـؤدى حـرق الوقـود المستخرج من الحفريات وقطع الأحراش وحرقها إلى إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون ، ويؤدى تراكم غاز ثاني أكسيد الكربون وغيره مـن غازات الدفيئـة إلى امتصاص وحجز الأشعة تحت الحمراء قرب سطح الأرض مسببا زيـادة درجة حرارة الأرض ويمكن أن يؤدى هذا إلى ارتفاع مستوى البحـار خـلال ٤٥ سنة القادمة بما يكفـي لغمـر المـدن السـاحلية ومنـاطق مصبـات الأنهـار ويمكن أن يؤدى إلى إرباك الإنتـاج الزراعي والصناعي.

وهناك خطر آخر يتأتى من اضمحلال طبقة الأوزون المحيطة بالأرض والذي يمكن أن يسبب كوارث تهدد حياة الناس والمواشي وبعض أشكال الحياة المكونة لأساس دورة حياة الأغذية البحرية. وتقوم أنواع من ملوثات الهواء بإهلاك الأشجار والبحيرات ، وبالإضرار بالبنايات والكنوز الثقافية وذلك قرب مناطق انبعاث هذه الملوثات وأحياناً على مسافة آلاف الأميال. ويهدد تحمض البيئة مناطق واسعة من أوربا وأمريكا اللاتينية مما يهدد الغابات وبالتالي تعريض التربة للتعرية وحدوث كوارث الفيضانات والتغيرات المناخية المحلية وفي العديد من الحالات فإن الممارسات المتبعة حالياً للتخلص من النفايات السامة ، مثل تلك المتخلفة عن الصناعات الكيماوية تنطوي على مخاطر لا يمكن قبولها ، كما تشكل النفايات المشعة المتخلفة عن الصناعات النووية خطراً يستمر لعدة قرون.

وتعتبر عملية التصحر ، التي تتحول بها الأراضي المنتجة الجافة وشبه الجافة إلى أراضى غير منتجة اقتصاديا وكذلك عملية إزالة الإحراج أمثلة أخرى على المخاطر الكبرى التي تهدد سلامة أنظمة البيئة الإقليمية وفي كل عام تتحول ستة ملايين هكتار من الأراضي إلى أراضى صحراوية وهذا سيعادل خلال ثلاثة عقود منطقة تماثل مساحة المملكة العربية السعودية تقريبا ، كما يجرى تدمير أحد عشر مليون هكتار من الغابات الاستوائية سنوياً وسيعادل هذا خلال ثلاثين سنة منطقة تساوى مساحة الهند.

ويؤدى فقدان الغابات وغيرها من الأراضي البرية إلى القضاء على أنواع من النبات والحيوان ، مما يقلل بشكل حاد من التنوع الجيني لأنظمة البيئة العالمية. وهذه العملية تسلب الأجيال الحالية والمقبلة المادة الجينية

التي يمكن عن طريقها تحسـين أنـواع المحـاصيل وجعلهـا أقـل عرضـة لأذى الإجهـاد المناخي وهجمـات الآفات والأمراض كما أن خسارة أنواع وأصنـاف لم يدرس العلم الكثير منها بعد تـؤدى إلى حرماننـا مـن مـوارد كامنــة مهمــة للطب والصناعة والكيمياء وتقضى إلى الأبـد علـى مخلوقـات جميلـة وأجـزاء من تراثنا الثقافي وتضعف المحيط الحيـوي.

وللمحيط الحيوي (الذي يتألف من مجموعـة النظـم البيئيـة الموجودة في العـالم) أهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الـذي تعيـش وتتكـاثر فيـه الكائنـات الحية وإنما باعتباره المكان الذي تجرى فيــه التغيـرات الأساسـية الفيزيائيــة والكيميائيـة التي تـطرأ على المواد غير الحيـة من الكـرة الأرضيـة والمحيـط الحيوي بأجزائـه الهوائية والمائية والتربـة هـو الذي يعانى من الإجهاد التلوث في الوقت الحالي.



تلوث البيئة يؤدي إلى تتدهور الإنتاج الزراعي

المحيط الحيوي

المحيط الحيوي والمعروف أيضاً باسم المحيط الإيكولوجي وهو البيئة الطبيعية للكائنات الحية وعلاقتها المتبادلة الديناميكية بالبيئة التي تعيش فيها. وهذه الطبقة الحيوية المعقدة على سطح الأرض والتي لم يتحدد أبعادها بدقة بعد تتكون من الجزء السطحي اليابس من الأرض والجزء الأدنى من الغلاف الجوى بالإضافة إلى الغلاف المائي للأرض. وتتحدد الخواص الطبيعية والكيمائية للمحيط الحيوي طبقاً لخصائص الأغلفة الثلاثة المكونة له (يابس – هواء – ماء) والعلاقات بينها حيث تكون المحصلة بيئة معينة ذات خصائص تناسب كائنات حية معينة تسود في هذه البيئة. ويمكن القول أن علاقات الكائنات الحية بالبيئة الموجودة بها تعتمد على التوازن بين دورة العناصر وانسياب الطاقة في هذه البيئة.

ويمكننا القول أن الإنسان قد أدخل العديد من التعديلات وأحدث الكثير من التغيرات في النظام الأيكولوجي (أرض – ماء عذب – بيئة بحرية) ويبدو أن تدخل الإنسان في تغيير هذه البيئات سوف يستمر مع زيادة الكثافة السكانية وزيادة الأنشطة الصناعية وتقدم التقنية.

وكما نعلم جميعاً فإن معظم العناصر الغذائية المعدنية اللازمة للحياة تأتى أساساً من التربة (وهى القشرة السطحية من الأرض) والغلاف الجوى يمد ببعض العناصر الأساسية مثل النتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون. وغنى عن القول أن الغلاف المائي يمدنا بأهم مركب واللازم لوجود الحياة وهو الماء كما قال الله تعالى " وجعلنا من الماء كل شئ حي "

حيث نجد أن ٩٠٪ من الوزن الكلي للمادة الحية يتكون من المـاء والمركبـات العضوية في حين تشكل المركبات المعدنية والمركبات العضوية المعدنية جزء بسيط نسبياً من المادة الحية ، حيث تتكون المادة الحية أساساً من عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين والنتروجين كما تحتوى كميات أقل نسبياً من البوتاسيوم والفوسفور والكالسيوم والماغنسيوم والكبريت والصوديوم والكلوريد وتختلف كميات هذه المعادن حسب نوع وطبيعة الكائنات الحية. كما يوجد تركيزات أقل من عناصر أخرى (مثل العناصر النادرة) والتي قد يكون بعضها أساسي لنمو وصحة الكائن الحي (مثل العناصر المغذية الصغرى مثل الحديد والزنك والنحاس والمنجنيز ... الخ). وعادة تكون الفروق بين الكميات اللازمة من هذه العناصر والكميات التي تعتبر زائدة عن الحد بيولوجياً فروق صغيرة.

والتراكيب الكيمائية لأي مادة حية تكون محصلة كيمياء البيئات المختلفة التي ينمو فيها الكائن الحي ولمدة طويلة على مدى العصور الجيولوجية. ولهذا وحتى تستطيع الكائنات الحية البقاء في البيئة المحيطة بها ذات المركبات الجيوكميائية المختلفة كان عليها أن يكون لها قدرة على الاختيار الحيوي للعناصر اللازمة للعمليات الحيوية وأن ترفض العناصر الزائدة السامة وبالرغم من أن معظم الكائنات الحية عموماً والنباتات خصوصاً قد ظهر أن لهم هذه القدرة الاختيارية للعناصر الكيمائية إلا أن الدراسات أوضحت أن مكوناتها تعتمد بدرجة عالية على جيوكيمياء العناصر المحيطة بها في البيئة ، حيث نلاحظ أن ي تغيير في عامل بيئي ذو تأثير ضار معاكس على النباتات قد يؤدى إلى تطور أو تغيرات حادة في نمو النباتات وفي فترة قصيرة من الزمن (خلال أجيال قليلة من حياة النبات)

فبالرغم من الإختيار الحيوي للعناصر الكيميائية يساعد الكائنات الحية في التحكم إلى حد ما في مكوناتها إلا أن هذه الإختيارية محدودة نسبياً في حالة العناصر النادرة. ولهذا فتركيزات العناصر النادرة غالباً ما ترتبط إيجابياً مع كمية هذه العناصر في التربة أو مادة الأصل مما يخلق العديد من المشاكل سواء للنبات أو الحيوان فقد تسبب مشكلة نقص العنصر أعراض مرضية تعوق النمو أو إكمال دورة الحياة أو قد تسبب مشكلة سمية عند زيادة العنصر عن المستوى المرغوب فيه.

وعندما كان أهم ما يشغل الإنسان هو زيادة الإنتاج الغذائي إلى أقصى حداً كان أهم سؤال يدور في أذهان الباحثين هو كم يأخذ النبات من هذه العناصر سواء من التربة أو البيئة المحيطة ؟ وما هي الكميات اللازمة له ؟ والآن بعد أن أصبحت قضية إنتاج الغذاء وقضية نوعية البيئة قضيتان تهمان الإنسان وتؤثران عليه أصبح من الضروري الفهم الكامل لسلوك العناصر النادرة والملوثات العضوية وغير العضوية في نظام الماء – تربة – نبات.

وينبغي القول أن تأثير الإنسان على الغلاف الحيوي أصبح واسعاً ومعقداً وفي كثير من الأحيان يؤدى إلى تغيرات عكسية. وبينما كانت التغيرات المتعاقبة جيولوجياً وحيوياً على سطح الأرض بطيئة وتدريجية ، فإن التغيرات التي أحدثها وأدخلها الإنسان تراكمت بحدة في السنين الأخيرة. وأصبح من الواضح أن جميع التغيرات التي أحدثها الإنسان قد أفسدت الإتزان الطبيعي لكل نظام بيئي والذي نشأ من تطور تدريجي خلال فترة طويلة من الزمن. ولهذا فإن هذه التغيرات أدت غالباً إلى تدهور في البيئة المحيطة بالإنسان. وأصبح تدهور البيئة من أهم مشكلات هذا القرن. وأصبح التلوث البيئي وخاصة بالكيماويات واحد من أكثر العوامل المؤثرة في هدم

وتخريب مكونات الغلاف الحيوي. ومن بين الملوثات الكيمائية العديدة يعتقد أن المعادن الثقيلة والمبيدات ذات أهمية بيئية حيوية وصحية. وفي كثير من الدراسات والبحوث الحديثة ظهرت العلاقات الثلاثية بين محتوى هذه الملوثات في الهواء والتربة والنباتات والأثر المتبادل بينهم.

والآثار السلبية للنشاط الصناعي على البيئة كان ينظر إليها في الماضي على أنها مشكلة محلية تتصل بتلوث الهواء والماء والأرض. فالتوسع الصناعي في أعقاب الحرب العالمية الثانية حدث دون إلتفات يذكر إلى البيئة وجلب معه زيادة متسارعة في التلوث وقد تمثل في الضباب الدخاني الذي يغطي عديد من المدن مثل لندن ولوس انجلوس وإعلان جفاف بحيرة ايرى والتلوث المطرد للعديد من الأنهار في أوربا والعالم الثالث.

وقد أدى تنامي الوعي البيئي واهتمام الرأي العام في نهاية الستينات إلى تحرك الحكومات في البلدان الصناعية وبعض البلدان النامية على حد سواء. واعتمدت سياسات وبرامج لحماية البيئة والحفاظ على الموارد. وركزت السياسات في البداية على الإجراءات التنظيمية التي تهدف إلى تقليل الكميات المنبعثة ثم جرى تدارس طائفة من الأدوات الاقتصادية مثل الضرائب والرسوم على التلوث ودعم معدات السيطرة على التلوث – ولكن بلداناً قليلة فقط قامت بإدخالها وازدادت النفقات بصورة تدريجية حتى بلغت ٢% من إجمالي الناتج القومي في بعض البلدان الصناعية في نهاية السبعينيات.

وشهدت عدد من البلدان الصناعية خلال هذا العقد تحسنا كبيراً في نوعية البيئة نتيجة لهذه الجهود وحدث تراجع كبير في تلوث الهواء في مدن عديدة وتلوث الماء في بحيرات وأنهار كثيرة وتمت السيطرة على

بعض الملوثات الكيماوية.

أما على صعيد العالم ككل فقد ازداد تسرب الأسمدة والكيماويات وتدفقان المجارى والمخلفات إلى المياه السطحية والجوفية ومازالت مناطق كثيرة تعاني من الأشكال التقليدية لتلوث الماء والأرض والهواء.

وأصبح واضحا أن مصادر وأسباب التلوث أكثر انتشارا وتعقيدا وترابطاً–وآثار التلوث أوسع نطاقاً وتراكماً وأنها مشكلات مزمنة على نحو أكبر – مما كان يعتقد حتى الآن.

بل وقد ازداد الموقف تعقيداً بوقوع العديد من الحوادث الكبيرة ذات الصلة بالمواد الكيماوية السامة. وقد أدى اكتشاف مواقع خطيرة للتخلص من النفايات – في قناة لوف في الولايات المتحدة على سبيل المثال، وفي ليكيركيك في هولندا وفاك في المجر وفي ألمانيا – إلى لفت الانتباه إلى معضلة خطيرة أخرى وهى مشكلة النفايات السامة الصناعية وكيفية التخلص منها مع الحفاظ على البيئة ولقد تفاقمت في هذا العقد هذه المشكلة حيث عمدت بعض الدول المتقدمة إلى تصدير هذه النفايات لبلاد العالم الثالث حيث تُعامل بإهمال وبدون أسس علمية مما يؤدى إلى تسربها للبيئة وما يصاحبها من أضرار ليست محلية فقط وإنما عالمية كما حدث في أطنان من النفايات السامة في نيجيريا وكينيا وفي لبنان.

ويعد إنتاج الطاقة وتصنيع المعادن من الأسباب الرئيسية للتلوث بالمعادن الثقيلة في المحيط الحيوي. وأشار **Bowen (1966)** أنه إذا زاد معدل استخراج عنصر عن المعدل الطبيعي لدورته في البيئة بحوالي ١٠ مرات أو أكثر فإن هذا العنصر في هذه الحالة لابد أن يعتبر مصدر كامن للتلوث. وإذا نظرنا إلى التقديرات العالمية لإنتاج الطاقة وإنتاج المعادن

(جدول١) نجد أن أهم المعادن الثقيلة والأكثر خطورة على المحيط الحيوي هي : الزئبق والكادميوم والرصاص والكروم والفضة والذهب والأنتيمون والقصدير والزنك. وهذه القائمة على أساس كمية الإنتاج في بيئة الإنسان تختلف عن قائمة العناصر الأكثر خطورة على صحة الإنسان حيث البريليوم والكادميوم والكروم والنحاس والزئبق في المقدمة ثم النيكل والرصاص والسلينيوم والفانديوم والزنك من أكثر الملوثات المؤثرة في بيئة وصحة الإنسان.

ونتيجة للنشاطات الإنسانية المختلفة دخلت هذه العناصر لدورة البيئة وأصبح مصير هذه الملوثات وتحولاتها وانتقالها والزمن اللازم حتى تستعيد البيئة اتزانها من أهم الاعتبارات الواجب دراستها الآن. وحيث أن سلوك هذه الملوثات في ظل ظروف بيئية معقد جداً فينبغي عمل دراسات منفصلة لكل أنواع التلوث في بيئة الهواء أو الماء أو التربة وهى مكونات البيئة الحيوية أو المحيط الحيوى.

ينتج العالم اليوم غذاء لكل فرد من السكان أكثر من أي وقت مضي في تاريخ الإنسانية ففي أواخر الثمانينات كان الإنتاج من المصادر الغذائية الأساسية ما يقرب من ٥٠٠ كجم للفرد من الحبوب والمحاصيل ، وبالرغم من هذه الوفرة في الأغذية فإن ما يقرب من ٧٣٠ مليون إنسان يعانوا من نقص الغذاء ، فثمة أماكن لا يزرع فيها إلا النذر اليسير وثمة أماكن لا تقوي فيها أعداد غفيرة علي شراء الغذاء وهناك مسطحات شاسعة من الكرة الأرضية في البلدان النامية والصناعية علي حد سواء ، تعمل فيها الزيادة في إنتاج الغذاء علي تقويض قاعدة الإنتاج المستقبلي.

جدول (١) : الكميات المستخرجة من المعادن والكميات المتوقعة للطلب عليها في عام ٢٠٠٠ في البلاد الصناعية.

العنصر	الإستهلاك (طن)	الطلب عام ٢٠٠٠ (طن)
حديد	$١٠^{٣}$ × ٥٠٧,٠٠٠	$١٠^{٣}$ × ١,٠٠٠,٠٠٠
الومنيوم	$١٠^{٣}$ × ١٣,٩٠٠	$١٠^{٣}$ × ٦٠,٠٠٠
منجنيز	$١٠^{٣}$ × ٩,٥٠٠	$١٠^{٣}$ × ١٨,٠٠٠
نحاس	$١٠^{٣}$ × ٧,٤٧٠	$١٠^{٣}$ × ١٢,٠٠٠
زنك	$١٠^{٣}$ × ٦,١٩٠	$١٠^{٣}$ × ١١,٠٠٠
رصاص	$١٠^{٣}$ × ٣,٥٩٠	$١٠^{٣}$ × ٥,٠٠٠
كروم	$١٠^{٣}$ × ٢,٢٥٠	$١٠^{٣}$ × ٣,٧٥٠
نيكل	$١٠^{٣}$ × ٧٤٠	$١٠^{٣}$ × ١,٥٠٠
قصدير	$١٠^{٣}$ × ٢٠٥	$١٠^{٣}$ × ٣٠٠
موليدنيم	٨٨,٩٤٠	١٣٠,٠٠٠
ارسينيك	٤٥,٠٠٠	٥١,٠٠٠
كوبلت	٢١,١٠٠	٣٠,٠٠٠
يورنيوم	١٨,٩٠٠	٢٥٠,٠٠٠
كادميوم	١٥,٥٥٠	٢٠,٠٠٠
فضة	٩,٤٣٠	١٢,٠٠٠
زنبق	٩,٢٤٠	١٤,٠٠٠
بريليم	٣,٦١٠	١٥,٠٠٠
ذهب	١,٤٦٧	٢,٠٠٠

مأخوذة من :

Trace elements in *soils and plants. Kabata - Pendias, A and H, Pendias* (1984). CRC. Press. Inc, P. 4).

هذا النمو الذي لا نظير له في إنتاج الغذاء تحقق في جزء منـه بتوسـيع قاعدة الإنتاج " زيادة المساحات المزروعة - زيادة أعداد الحيوانات - زيـادة عدد سفن الصيد .. الخ " ولكنـه يعـود فـي قسـمه الأعظـم إلـى حـدوث زيـادة ضخمـة فـي الإنتاجيـة بـالرغم مـن تنـاقص مسـاحة الأراضـي المزروعـة ولاستغلالها في الإسكان والصناعة وخلافه وقد تحققت الزيادة الإنتاجية خلال الخمس والثلاثين سنة الماضية بواسطة الأساليب الآتية :

١) استخدام أنواع جديدة من البذور مقاومة الأمراض عالية الانتاج.
٢) تزايد استخدام الأسمدة الكيماوية والتي تضاعف استهلاكها تسـع مرات.
٣) تزايد استخدام المبيدات والتي تضاعف استخدامها ٣٢ مرة .
٤) زيادة المساحات المسكونة من الأراضي.

ولكن يشكل الازدياد المستمر في عدد السكان في العالم مشكلة رئيسـية نظرا لضرورة مجابهة هذه الزيادة بزيادة متكافئة في كميات الطعام المنتجة ، ويعتبر هذا التحدي قائما سواء بالنسبة للـدول الغنيـة أو الـدول الناميـة، فمثـلا نري أن عدد السكان في العالم قد ازداد من ٢ إلى ٣ بلايين خلال ثلاثين سنة في حين أن البليون الرابع تم الوصول إليه في خلال ١٦ عـام "عـام ١٩٧٦ " ومن المتوقع أن يصل التعداد السكاني في عام ٢٠٠٠ الي حوالي ٤ر٦ بليون نسمة.

ويعيش حوالي ٧٠% من تعداد العالم في الدول النامية وهذه هي الـدول التي تحتاج الي زيادة الطعام وهي في نفس الوقت الدول التي بها نسبة مواليد عالية ، ففي الوقت الذي نجد فيه أن معدل الزيادة في السكان يصل في الـدول

النامية في المتوسط الي ٢ر٢ % فأن النسبة في الدول المتقدمة غالبا ما تكون حول ٧ر٠% فقط.

وأنه من المهم في عالم تعاني الغالبية العظمي فيه من نقص الطعام أن تتضافر الجهود لحماية الإنتاج الزراعي من الآفات التي تسبب نقصا يصل في المتوسط الي ٣٠-٤٠% من قيمة الإنتاج ، ويوضح هذا ارتفاع حجم الخسائر في المحاصيل نتيجة للآفات الزراعية الأمر الذي يسبب انزعاجا خاصة في الدول النامية والتي هي في حاجة اكثر من غيرها لحماية محاصيلها ومنتجاتها الزراعية الأخرى. وتحمل الآفات بالإضافة إلى ذلك الأوبئة للإنسان والحيوانات فالملاريا تسببت في قتل أعداد كثيرة من البشر اكثر من كل الحروب التي حدثت في التاريخ كما أن مرض الطاعون الذي تنقله البراغيث أدي إلى موت اكثر من ثلث سكان أوربا في العصور الوسطي.

المعادن الثقيلة والإنسان :

يتعرض الإنسان إلى حوالي ٥٢ عنصراً معدنياً وكلها ذات أهمية اقتصادية ، خاصة في مجال الصناعة. وخطورة العناصر أنها جميعاً - وبدون إستثناء - مواد غير قابلة للإنهيار الحيوي ، ومن ثم توجد - وبإستمرار - إحتمالات التسمم نتيجة للتعرض المباشر وغير المباشر لها. وهناك معادن تنتج من إحتراق الزيوت ، مثل الفاناديوم الذى ينطلق في الجو ، وكذلك الزئبق من إحتراق الفحم.

والمعادن ذات أهمية بيولوجية وفسيولوجية في جسم الإنسان ، وخطورة التعرض لها تتمثل في حدوث خلل في محتواها ، والمعادن التي

تتجمع في جسم الإنسان تحدث أضراراً خطيرة، وطريقة دخول المعادن من أهم العوامل المحددة لسميتها على الإنسان ، وأخطر طريق هو الاستنشاق ، وبناءاً على ذلك .. تم وضع الحدود الآمنة من تركيزات المعادن للعمال الذين يعملون ٨ ساعات في المصانع (لا توجد حدود في مصر).

ولقد أشارت الدراسات إلى اختلاف موضع تأثير كل معدن على حدة ، فعلى سبيل المثال .. يؤثر الزرنيخ ، والباريوم ، والبورون ، والنحاس ، والحديد ، والقصدير ، والرصاص ، والسيلينيوم ، والزنك من خلال الجهاز الهضمي، ويؤثر الألومنيوم ، والأنتيمون ، والزرنيخ ، والحديد ، والماغنسيوم ، والمنجنيز ، والزئبق ، والنيكل ، والفضة من خلال الجهاز التنفسي. وتؤثر معظم المعادن على الجهاز العصبي المركزي ، وعلى الكلية ، والكبد ، والجلد. وبالنسبة للعظام نخص الزنك، وعلى جهاز إفراز الهرمونات في المخ نخص بالذكر الزرنيخ ، والكوبالت ، والحديد .. وعلى الدم نخص بالذكر الزرنيخ ، والنحاس ، والذهب ، والحديد، والقصدير ، والليثيوم ، والزنك. وتجدر الإشارة إلى أن ضرر الجلد قد يحدث نتيجة للتعرض المهني للمعادن ، أو من تلوث الهواء ، أو باستخدام الأدوية أو ملامسة الحلي. والرئة تمثل الطريق الرئيسي لدخول العديد من المعادن ، خاصة الزئبق. أما عن طريق الفم ، فتدخل المعادن من خلال الأدوية ، أو الأسمدة ، أو المبيدات الحشرية ، أو السلع المختلفة ، أو الأغذية والماء الملوثين بالمعادن. ومما يعقد الأمور أن بعض المعادن تتحول في البيئة إلى صور أكثر سمية. ولقد سجلت حالات كثيرة للتسمم بالزئبق ، وإجهاض الحوامل ، ووفيات ، وذلك نتيجة لتناول سمك ملوث بميثيل الزئبق الناتج كأحد عادم المصانع ، والذي يتكون من التحلل الميكروبي للزئبق في الطين الموجود في قاع البحار. ولقد سجلت تركيزا عالياً من المعادن في الهواء في المدن ، والتي تنتج من عادم السيارات ، وتم حصر الزنك ، والنحاس ، والحديد ، والرصاص ، والمنجنيز ، والنيكل ، والقصدير ، والتيتانيوم ، والكروميوم وغيرها. والحد المسموح باستنشاقه

من هذه العناصر أقل بكثير جداً من ذلك الخاص بمبيدات الآفات ، مما يؤكد خطورة هذه العناصر على صحة الإنسان ، خاصة على المدى الطويل ، حيث ثبت أن العديد من المعادن يحدث سرطانات وتشوهات خلقية في الإنسان والحيوان ، خاصة الألومنيوم، والأنتيمون ، والزرنيخ ، والباريوم ، والبزموت ، والبورون ، والكادميوم ، والكروميوم ، والكوبالت وغيرها.

المبيدات والإنسان :

وقد لعبت المبيدات ولا تزال تلعب دوراً رئيسياً في مقاومة الإنسان للحشرات وتعتبر حاليا أنجح الوسائل للحد من خطر الآفات ، وتعتبر الطريقة الوحيدة المؤثرة في حالة ازدياد كثافة الآفات عن الأعداد المألوفة.

ومما لاشك فيه أن المبيدات الكيماوية ساهمت إلى حد كبير في القضاء علي عدد كبير من الأمراض النباتية والآفات الحشرية وكذلك الحشرات الناقلة للأمراض فقد قُضى علي الملاريا والذباب " في الدول المتقدمة " كما ساهمت المبيدات الكيماوية خاصة بعد الحرب العالمية الثانية في القضاء علي البعوض الناقل لهذه الأوبئة ويقدر عدد الذين نجوا بفضل استعمال المبيدات الكيماوية بحوالي خمسة ملايين إنسان كما حالت دون حدوث حوالي ١٠٠ مليون إصابة ، لذا فقد اقبل المزارعون ومربو الماشية علي استعمال المبيدات الكيماوية خاصة وأن جهودهم لمقاومة الآفات بدونها كثيرا ما باءت بالفشل.

ويقدر عدد المبيدات الكلي بالأسواق بحوالي ٨٠٠ مبيد ، وعدد المواد الفعالة لهذه المبيدات يصل إلى ١٠٠ مادة فعالة أما التشكيلات المختلفة للمبيدات فيزيد عددها عن عشرة آلاف على مستوى العالم.

يوجد حاليا ٤ مجموعات رئيسية للمبيدات في الأسواق هي : المبيدات

العضوية الكلورينية ، المبيدات العضوية الفسفورية ، المبيدات الكاربامانيه والبيروثرويدات ، وفي العصر الحديث أخذ يتناقص استخدام المبيدات الكلورينيه المشهور بثباتها في البيئة وقد استعيض عنها بالمبيدات الفسفورية والكاربامانيه ، وبالإضافة إلى المجموعات السابقة فأنه يوجد مجموعات أخري مثل منظمات النمو مثل الجوفينيل هورمون والفرمونات.

ويسبب العديد من الميكروبات والفيروسات أمراضًا للنبات وتنقسم المبيدات الفطرية إلى مبيدات وقائية ومبيدات معالجة وتستخدم الأخيرة عند حدوث الإصابات وتتميز بأنها جهازية يمتصها النبات وتحملها العصارة إلى الأماكن المختلفة من النبات مثل مبيد Benomyl أما المبيدات الوقائية فأن بعضها يجب أن يحظى باهتمام بالغ نظرا لتأثيرها علي البيئة مثل المركبات العضوية الزئبقية ومركبات القصدير ومركبات النحاس بالإضافة إلى مبيدات ثنائي داي ثيوكاربامات مثل المانيب والزينب.

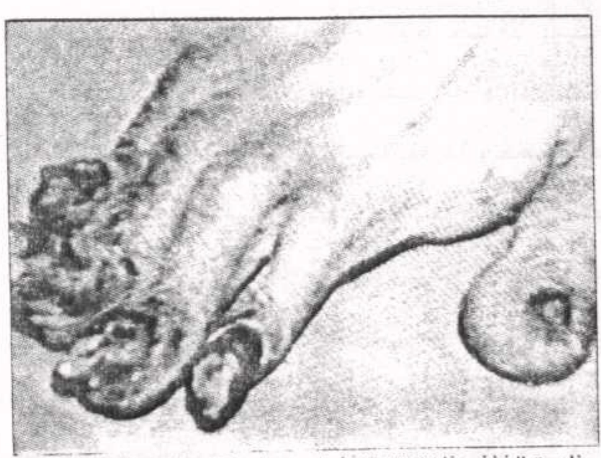
علي الرغم من الزيادة المطردة لعدد المبيدات في السوق الا أن الفاقد السنوي في المحاصيل لم يقل ، فمثلا نسبة الفاقد السنوي في المحاصيل في الولايات المتحدة لم يطرأ عليه انخفاض ملحوظ منذ الأربعينات وأصبحت التأثيرات السلبية للمبيدات Insecticides والفطرية Fungicides والعشبية Herbicides موضع بحث منذ فترة ليست ببعيدة وخاصة عندما أشارت التقارير في أوائل الستينات إلى الأخطار الكبيرة الناتجة عن استعمال المبيدات الكيماوية التي يري الباحثون أنها سوف تُسمم العالم ، ولإيضاح التأثيرات غير المرغوب فيها للمبيدات سنعطي مثال لواحدة منها فمجموعة المبيدات العضوية الكلورينية والمعروفة بأسماء تجارية مثل DDT والالدرين وكلوردان والاندريد وهثوكلور وغيرها وعند إنتاج هذه المركبات في أوائل

الأربعينات أُعتبرت إنجازاً كبيراً لأنها سهلة التصنيع وشـديدة الفعاليـة السـمية ضد الآفات الزراعية ولكن تبين بعد استعمال هذه المبيدات فترة من الزمن أن لها آثار جانبية في غاية الخطورة منها:

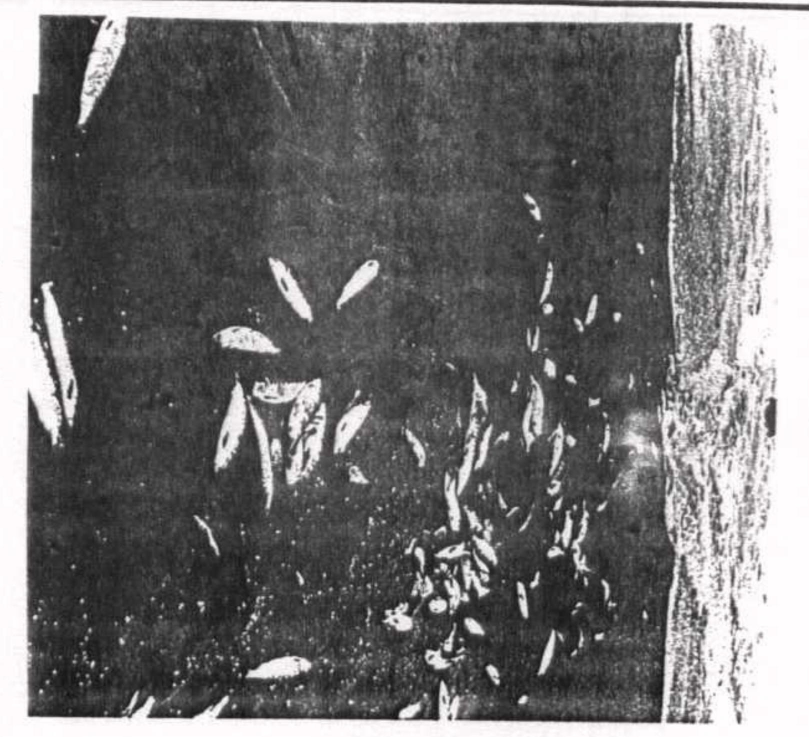
١) سمية اختيارية وبالتالي فأن استعمالها قد يؤدي إلى إحداث تـأثيرات ضـارة فـي الآفـات وفـي الحشـرات النافعـة والأسـماك والطيـور وأخيرا الانسان.

٢) ونظرا لكون أغلب المبيدات غير انتخابيـة السـمية فأنهـا تحـدث أضـرار كبيرة للحشـرات النافعـة مثـل نحـل العسـل والحشـرات الملقحة بخلاف التأثير علي الكائنات غير المستهدفة وخاصـة التـي تعتبر أعداء طبيعة للحشـرات الضــارة ممــا يسـبب خلــلا فــي التوازن البيئي وانهيار المراقبـة الطبيعيـة التـي تتحكـم فـي أعـداد الحشرات الضارة والنافعة.

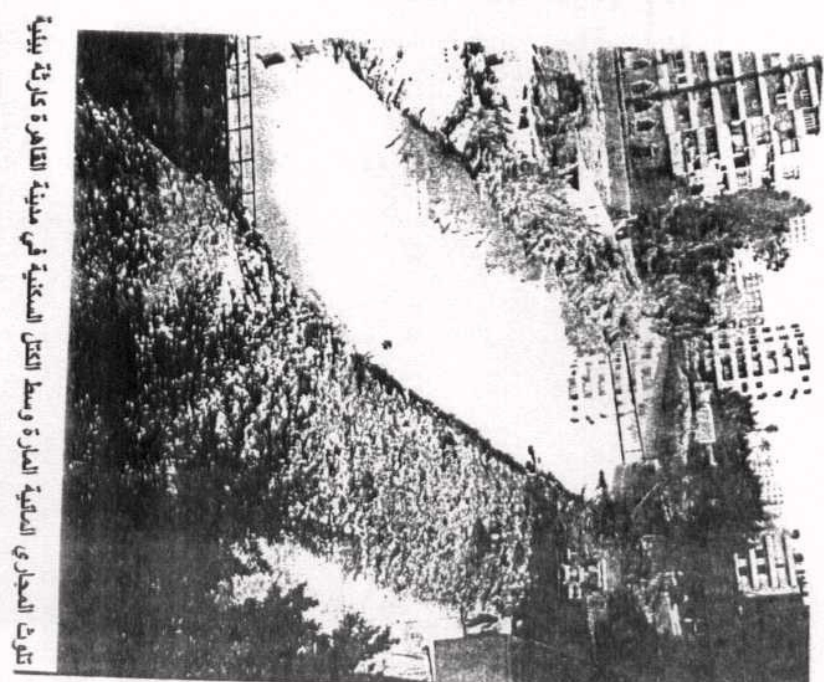
٣) اكتساب الافه المعنية مناعة ضد المبيد مما يـؤدي إلـى طفـرة فـي تكاثرها وانتشارها .



ظهرت الغنغرينا Gangrene على اصابع القردة التي تناولت طعام ملوث بتراكيز منخفضة من الديوكسين .



تلوث البحيرات وموت الأسماك



تلوث المجاري المائية المارة وسط الكتل السكنية في مدينة القاهرة كارثة بيئية



حرق المخلفات الصلبة تهدد صحة الإنسان في مدينة القاهرة

الفصل الثاني

تلوث الهواء

يمثل جو الأرض نظاماً ديناميكياً فهو يمتص بإنتظام مجموعة من الجوامد والسوائل والغازات الآتية من مصادر طبيعية أو من صنع الإنسان ويمكن لهذه المواد أن تنتقل في الهواء وتنتشر فيه وتتفاعل بعضها مع بعض أو مع مواد أخرى وفي نهاية الأمر تجد طريقها إلى مصرف تستقر فيه كالمحيطات والقطب الشمالي والجنوبي أو مستقبل كالإنسان أو يجد بعضها طريقه إلى خارج جو الأرض كالهيليوم وبعضها الآخر كثانى أكسيد الكربون يدخل في جو الأرض ويتراكم في الغلاف الجوي.

والهواء الطبيعي غير الملوث يحتوى على ٧٨,٠٩٪ نتروجين ، ٢٠,٩٤٪ حجماً أكسجين وحوالي ٠,٠٩٧٪ من غازات ثانى اكسيد الكربون والهيليوم والأرجون والكريبتون والزينون ويوجد عادة في الجو من ١-٣٪ بخار ماء وعادة تتواجد المواد الصلبة مثل الغبار والدخان إما في صورة حبيبات أقطارها من ٠,٠١ إلى ٣٠ ميكروناً وتكون سريعة الترسب أو حبيبات صغيرة جداً أقطارها مابين ٠,٠١ إلى ٠,١ ميكروناً وهى تنتقل لمسافات كبيرة وتظل معلقة في الغلاف الجوي لفترات طويلة. وكتلة الهواء المحلى بكل ما تحتويه يجب أن تعامل كجزء من جو المنطقة ومن أجواء الأرض وملوثات الهواء التي تتولد محلياً غالباً ما تترك الهواء المحلى ويكون لها تأثير كيميائي وفيزياقى على الغلاف الهوائي للأرض وثانى أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والغبار الدقيق أمثلة على ذلك فهم يتولدون بواسطة الإنسان بكميات كبيرة وكل منهم يؤثر في درجة حرارة الأرض بالتأثير على المناخ ، وقد إزدادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة ١٣٪ خلال المائة سنة الماضية ويساعد ثاني أكسيد الكربون

على امتصاص أشعة الشمس إلى الغلاف الجوي والأرض ولكنه لا يسمح بمرور الأشعة تحت الحمراء من الأرض إلى الفضاء الخارجي مما يؤدى إلى رفع حرارة الأرض أو ما يسمى بظاهرة أثر الصوبة الزجاجية ويتوقع العلماء رفع متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية من ١,٥ – ٤,٥ درجة مئوية مما سيؤدى إلى ذوبان الجليد قرب القطبين وارتفاع مستوى المحيطات لتفيض على مساحات واسعة من القارات.

ومعظم مشاكل تلوث الهواء ترجع إلى إحراق الفحم والوقود الحفري بالإضافة إلى صهر الحديد والمعادن الأخرى. فتنبعث أطنان من أول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والهيدروكربونات وأكاسيد الآزوت والجسيمات المعلقة المحتوية على المعادن الثقيلة. ومشكلات تلوث الهواء الجوي نوقشت في كثير من التقارير الدولية والمحلية وأصبح الجميع يعرفون رأى العلم حول الأمطار الحمضية واستنفاذ الأوزون (ثقب الأوزون) وظاهرة تسخين المناخ (أو ما يسمى بتأثير الصوبة). وفي هذا الفصل سوف نهتم بمستويات المعادن الثقيلة في الهواء كمسببات للتلوث حيث أن هذه النقطة الحيوية لم تحظى بالاهتمام الكافي ويجب إجراء الكثير من الدراسات اللازمة للفهم الكامل لمصير هذه الملوثات في الغلاف الجوي حيث أن آثار التلوث يتسع نطاقه على نحو لا يمكن التنبؤ به أحياناً ، ذلك أن الأمر يتعلق بانتشار بطئ ومستقر ومتواصل في الهواء والمحيط الحيوي لجزيئات شتى تنتج وتتوزع بمقادير متزايدة باطراد. وليس لعمليات التنقية الذاتية الطبيعية إي تأثير على هذه الملوثات التي تتسلل وتنتشر داخل البيئة فمبيدات الآفات والمعادن الثقيلة والمنظفات غير القابلة للتحلل البيولوجي تتراكم في الغلاف الجوي وتنتقل مع حركة الرياح ، وقد تنتقل إلى الأرض أو المسطحات المائية أو النباتات مع

مياه الأمطار أو سقوط الثلوج وهناك العديد من البحوث حول طرق دخول هذه الملوثات إلى سلسلة الغذاء. ومن العديد من الدراسات نلاحظ الزيادة المستمرة لمستويات المعادن الثقيلة في الغلاف الجوي (جدول ٢). ونلاحظ أن بعض العناصر قد زاد تركيزها حوالي ألف مرة عن تركيزها العادي المسموح به مثل السيلنيوم ، والذهب ، والرصاص، والقصدير ، والكادميوم والبريليوم.

وعموماً العناصر التي تكون مركبات طيارة أو تكون ذات قطر جزيئى منخفض تكون عادة أسهل وأسرع للانطلاق الجوي أثناء حرق الفحم أو الوقود والعمليات الصناعية المتعددة •

جدول (٢) مستويات المعادن الثقيلة في أماكن مختلفة في العالم

العنصر	القطب الجنوبي	جرينلاند	ألمانيا	اليابان	الولايات المتحدة
ألومنيوم	٠,٨١ - ٠,٣٢	٣٨٠ - ٢٤٠	٢٩٠٠-١٦٠	١٠٦٠٠ - ٤٠	٦٠٠ - ٢٣٣٠
أرستينيك	٠,٠٠٧	-	٥٣ - ١,٥	١٢٠ - ٠,٣	٤٠ - ٢
الكادميوم	٠,٠١٥	٠,٦٣ - ٠,٠٠٣	٦٢٠ - ٠,٥٠	٤٣ - ٠,٥	٤١ - ١
كروم	٠,٠١ - ٠,٠٠٣	٠,٨٠ - ٠,٦٠	١٤٠ - ١	١٦٧ - ١,٣	١١٠٠ - ٥
نحاس	٠,٠٦ - ٠,٠٣	-	٤٩٠٠ - ٨	٢٠٠ - ١١	١٥٣ - ٣
حديد	١,١٩ - ٠,٥١	١٦٦ - ١٧١	٥٩٠٠ - ١٣٠	١٤٠٠٠ - ٤٧	٢٠٠٠ - ٨٢٩
منجنيز	٠,٠٢ - ٠,٠٠٤	٤,٥ - ٢,٨	٢١٠ - ٩	٦٨٠ - ٥,٣	٩٠٠ - ٦٠
رصاص	١,٢٠ - ٠,١٩	٢٢ - ١٥	٥٠٠٠ - ١٢٠	١٨١٠ - ١٩	١٣٠٠٠ - ٤٥
زنك	٠,٠٥١ - ٠,٠٠٢	٤١ - ١٨	١٦٠٠٠ - ٥٥٠	٦٨٠٠ - ١٤	٧٤١ - ٨٨
بريليوم	١,٤١ - ٠,٣٨	٢٠ - ١٤	٢٥٠٠ - ٣٠,٥	١٥٠ - ١,٦	١٢٠٠ - ٦

Trace elements in *soils and plants. Kabata - Pendias, A and H, Pendias* (1984). CRC. Press. Inc, P. 4).

وبالإضافة إلى دور نشاطات الإنسان في إطلاق هذه الملوثات للهواء الجوي فهناك أيضاً بعض المصادر الطبيعية التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار

مثل هبوب الرياح المحملة بالأتربة، انفجار البراكين والبخر من المسطحات المائية.

وفي العديد من الدراسات عن ترسيب الملوثات من الغلاف الجوي حيث أوضحت الدراسات أن الطحالب والفطريات والنباتات الدنيئة هي الأكثر حساسية للتلوث من الغلاف الجوي وتختلف درجة الحساسية بين الكائنات حسب أنواعها (طحالب – فطريات – نباتات).

وأهم خصائص الملوثات غير العضوية في الهواء تتلخص فيما يلي :

١) الانتقال لمسافات طويلة والتشتت.

٢) التراكم الحيوي والذي يؤثر على التركيب الكيماوي للنباتات بدون أن يحدث ضرر ملحوظ أو مرئي.

٣) تتفاعل هذه الملوثات في الأنسجة الحية مسببة خفض لكمية ضوء الشمس الداخلة لأنسجة النبات وبالتالي تكييف عملية التمثيل الغذائي (الضوئي).

٤) تقاوم عمليات إزالة السمية (أثناء تفاعلات التمثيل الغذائي) مما يسبب دخول هذه الملوثات لسلسلة الغذاء.

أما عن التأثير الغير مباشر لتلوث الهواء فهو عن طريق الترسيب على سطح التربة المعرض سواء خلال الأمطار والرياح وهذا العامل مهم أيضاً نظراً لاتساع مدى التربة المعرضة لترسيب الملوثات وامتصاص التربة لهذه الملوثات وتيسرها للنباتات النامية عليها خاصة في الأرض الحمضية أو لسقوط أمطار حمضية.

أخطار تلوث الهواء في المدن والتجمعات الصناعية :

نتيجة للنمو المتسارع للسكان والنشاطات الصناعية بصورة عامة على الصعيد العالمي حيث حدثت قفزات ضخمة في استهلاك الوقود والنقل بالسيارات والنشاطات الصناعية المتنوعة واستهلاك الكهرباء. وبدأ القلق يتزايد إزاء الآثار الناتجة عن تلوث الهواء المتزايد مما أدى إلى تطوير إجراءات علاجية من ضمنها معايير لنوعية الهواء ومقاييس وتكنولوجيات مراقبة إضافية يمكن أن تزيد الملوثات وقد حدت هذه الأساليب إلى درجة ما من انبعاث الملوثات الرئيسية ومع ذلك فقد بلغ تلوث الهواء اليوم مستويات خطيرة في مدن الكثير من البلدان الصناعية بل وفي مدن أغلبية البلدان النامية التي ربما غدت الآن في بعض الحالات أكثر مناطق المدن تلوثاً في العالم.

ويستدعى ما يبعثه احتراق الوقود المستخرج من الحفريات القلق البالغ حول تلوث المدن، سواء كانت هذه الكميات تنبعث من مصادر ساكنه أو متحركة وتشتمل على ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون، ومركبات عضوية طيارة مختلفة والرماد المتطاير وغيره من الجسيمات العالقة ، إذ يمكن لها أن تضر بصحة الإنسان والبيئة وتتسبب في نشوء صعوبات متزايدة في الجهاز التنفسي يمكن أن يكون بعضها قاتلاً. وينبغي أن تتخذ جميع الحكومات خطوات ترمى إلى تحقيق مستويات مقبولة من نوعية الهواء. ويمكن للحكومات أن تحدد أهدافا ومعايير لنوعية الهواء وللشحنات المسموح بإطلاقها في الجو وأن تقوم بمراقبة ذلك. ويمكن للمنظمات الإقليمية أن تدعم هذا المجهود كما ينبغي أن تعمل وكالات المعونة

التنموية متعددة الأطراف ومصارف التنمية على تشجيع الحكومات على أن تشترط استخدام أكثر التقنيات كفاءه من حيث استهلاك الطاقة والتخطيط للصناعات.

ومن الجدير بالذكر أن الإجراءات التي اتخذتها بلدان صناعية عديدة في السبعينيات للسيطرة على تلوث الهواء في المدن والمراكز الصناعية (مداخن عالية على سبيل المثال) أسفرت عن تحسين كبير في نوعية الهواء في المدن المعنية ولكن أدت دون قصد إلى نقل كميات متزايدة من التلوث عبر الحدود القومية والدولية في أوروبا وأمريكا الشمالية مساهمة بقدر كبير في الأمطار الحمضية على بيئات نائية بعيدة وفي خلق معضلات تلوث جديدة وتجلى ذلك بوضوح في الأضرار المتزايدة بالبحيرات والتربة ومواطن النباتات والحيوانات في الغابات والأحراش وهكذا فإن التلوث الجوي الذي مر وقت أعتبر فيه مجرد معضلة محلية تؤثر في حياة الناس أصبح ينظر إليه الآن أيضا بوصفه قضيه أعقد كثيراً تشمل المباني والأنظمة البيئية و الصحة العامة في مناطق شاسعة. ولتوضيح مدى خطورة تلوث الهواء مهما صغر حجمه فإنه يكون أشد ضرراً على صحة الإنسان لسببين : أولهما إن الفرد يحتاج في اليوم الواحد إلى حوالي ١٥كجم من الهواء وإلى ١,٥ كجم من الغذاء وإلى ٢,٥ كجم من الماء وبالتالي فإن استهلاكه من الهواء أكثر، وثانيهما إن الملوثات تدخل مع هواء الشهيق إلى الرئتين ومنها للدم مباشرة فيكون نسبه الامتصاص عالية حوالي ٨٠٪ بعكس إذا كان الامتصاص من خلال الجهاز الهضمي يكون معدل الامتصاص حوالي ٥٠٪ وتختلف شدة تأثير هذه الملوثات باختلاف العمر والنوع والصحة العامة وطول فترة

التعرض للهواء الملوث وكذلك لعوامل الجو الأخرى مثل ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة النسبية..الخ.

تلوث الهواء في مدينة القاهرة :

كل صباح تبدأ القاهرة نهارها بسحابة داكنة سامة لا تغادر سماء المدينة التي لا تنام ومصادر تلوث الهواء بالقاهرة عديدة تتضمن عادم ٣ر١ مليون سيارة تجوب شوارع القاهرة وتستهلك ٥ر٢ مليون طن وقود (ديزل وبنزين) ينتج عنه ما يزيد علي مائتي ألف طن عادم سيارات بالإضافة إلى عادم ١٢٦ مصنعا ٣٨ ٪ منها صناعات ثقيلة وحوالي ٥٢ مسبكا للرصاص. وتعانى مدينة القاهرة بصفة خاصة من تعدد المناطق الصناعية بها والتي توطنت بالقرب من المناطق السكنية (خاصة في منطقه حلوان وشبراً الخيمة) مسببة بذلك العديد من المشاكل البيئية ومؤدية للإضرار بصحة السكان المقيمين قريبا من التجمعات الصناعية بسبب معدلات التلوث المرتفعة والتي تفوق كافة المعدلات المسموح بها عالميا كما في جدول (٣).

أ)تلوث الهواء في منطقة حلوان الصناعية :

أدى توطن صناعات الحديد والصلب والأسمنت والكوك إلى تدهور ملحوظ للبيئة المحيطة نتيجة لتلوث الهواء بالأتربة والأدخنة المنطلقة سواء من المصانع أو من وسائل النقل اللازمة لخدمة هذه الصناعات وأظهرت الدراسات أن منطقة حلوان من المناطق شديدة التلوث فقد أوضحت التقارير أن معدل الأتربة المتساقطة بمنطقة حلوان يقدر بحوالي ٤٧٨ طن/ ميل^{٢} / شهر إي حوالي ٢٤ مرة قدر الحد الأقصى المسموح به عالمياً وهو

١٥طن/ ميل[٢] /شهر (المركز القومي للبحوث – ١٩٨٨). كما أشارت هذه الدراسات أن مصانع الأسمنت بالمنطقة هي المصدر الرئيسي لتلوث الهواء بأتربة الكالسيوم والكبريتات والكلوريد والسليكا الحرة وأن عادم الأسمنت الذي تنتجه مداخن المصانع يحتوى على مكونات ضاره أهمها السليكا الحرة بنسبه ١٤,٧٪ ويؤدى استنشاقه للاصابة بمرض التحجر الرئوي. بالإضافة إلى عناصر ثقيلة مثل الكروم والزرنيخ والرصاص والزئبق والمنجنيز وأثبتت دراسة بجامعة حلوان أن أكثر الأمراض التي يصاب بها سكان منطقة جنوب القاهرة بين دار السلام وحتى التبين هي الانسداد الرئوي المزمن ويصل عدد المرضي في حلوان وحدها إلى ١٥٠ ألف حالة.

جدول (٣) التركيزات المسموح بها لبعض ملوثات الهواء

المـــادة	التركيز المسموح به (مجم / م٣)	
	متوسط اليوم	في أي لحظة
الأتربـة	٠,١٥	٠,٥٠
ثانى أكسيد الكربون	٠,١٥	٠,٥٠
أول أكسيد الكربون	٢,٠٠	٦,٠٠
أكاسيد النيتروجين	٠,١٣	٠,٤٠
غاز الكلور	٠,٠٢	٠,٦٠
الرصاص	٠,١٥	٠,٥٠
الزئبق	٠,٠١	١,٠٣

ب) تلوث الهواء في منطقة شبراً الخيمة :

وتضم منطقة شبراً الخيمة وبهتيم ومسطرد وأبوزعبل وتنتشر في هذه المناطق صناعات عديدة أهمها صناعات معدنية وصناعات الخزف والزجاج والبلاستيك والأسمدة والكيماويات وصناعات النسيج ومحطات توليد الكهرباء وعدد ٥٢ مسبكا تشير التقارير إلى أن معظمها مسابك متهالكة وغرف الحريق بها غير محكمة مما يعرض العمال بها والمباني السكنية المجاورة للخطر نتيجة تسرب العادم وأشارت البحوث أن معدل الأتربة المتساقطة فوق هذه المنطقة حوالي ١٥٠طن/ميل^{٢}/شهر آي حوالي عشرة أضعاف الحد المسموح به عالميا ولكن خطورة هذه الأتربة تكمن في إنها تحتوى على نسب عالية من العناصر الثقيلة خاصة الكادميوم والرصاص والنحاس .. الخ. وتعتبر هذه المنطقة بالمقاييس العالمية شديدة التلوث في بعض أجزائها.

مشروع تحسين هواء القاهرة :

بدأ جهاز شئون البيئة تنفيذ أكبر مشروع في منطقة الشرق الأوسط لتحسين هواء القاهرة بتكلفة ٦٥ مليون دولار وسوف يستغرق المشروع بالكامل ٧ سنوات وترجع أهمية المشروع إلى ما أكدته الدراسات في تقييم المخاطر البيئية لمدينة القاهرة حيث أن المدينة تعتبر من أكبر وأسوأ مدن العالم في نسب تلوث الهواء بالجسيمات العالقة وبالرصاص حيث تصل إلى حدود تقرب من ٥ إلى ١٠ أضعاف المعدلات الآمنة وأن عدد الوفيات في مدينة القاهرة بسبب سوء نوعية الهواء يتراوح بين ١٠ و ٢٠ ألف سنويا وأن تأثير كل من الرصاص وأكسيد النيتروجين والكبريت والكربون لا يقتصر

سلبا علي الصحة العامة والبيئة فقط وإنما يؤثر أيضا علي الاقتصاد القومي٠ وقد أثبتت الدراسات أن مدينة القاهرة تستقبل يوميا ٢,١ مليون طن غاز أول أكسيد الكربون (يبلغ متوسط تركيز غاز أول أكسيد الكربون حوالي ٤٠-٥٥ جزء/مليون كمتوسط لمدة ساعة بوسط القاهرة بينما الحد المسموح به عالميا في حدود ٣٥جزء/مليون/ساعة) ، كما يصل تركيز عنصر الرصاص إلى ١٥ميكروجرام/م٢/شهر (الحد المسموح به عالميا ٨,٥ ميكروجرام/م٢/شهر) وحالياً بدأت الدولة إدخال البنزين الخالي من الرصاص إلى السوق وهناك تجارب عن أتوبيسات ولوريات ثقيلة تعمل بالغاز الطبيعي وذلك لتقليل مشكلة التلوث بعادم السيارات ويجرى وضع لوائح وقوانين مرورية متشددة لمنع السيارات التي تنفث عادم غير مطابقة للمواصفات ومما لا شك فيه أنه مع رفع الوعي البيئي للجماهير ومع ارتفاع المستوى المعيشي لهم سوف تتحسن كثيراً المناطق التي تعانى من تلوث الهواء داخل المدينة ويجب أن ننوه عن النشاط الكبير الذي تتعاون فيه محافظة القاهرة مع جهاز شئون البيئة على وضع حلول تطبيقيه لمشكلات البيئة في العاصمة. وزيادة المسطحات الخضراء والقضاء على بؤر التلوث فيها. وحديثاً جداً في منتصف الثمانينيات بدأ جهاز شئون البيئة بالتعاون مع المراكز البحثيه وبتمويل من منح أجنبية بتنفيذ مشاريع تطبيقية لحل مشكلة التلوث لكل وضع على حده (١٢مليون دولار ، ٣,٥ مليون جنيه مصري) حيث تم وضع حلول لبعض هذه المصانع لمنع أسباب التلوث ولتقليل الفاقد ولإعادة استخدام المخلفات أو معالجتها قبل انطلاقها للبيئة (الدوائر المغلقة - المعالجة الحيوية - المعالجة الكيماوية ... ألخ) ومما لا شك فيه فقد ساهمت هذه المشاريع في الحد من التلوث بصوره مشجعة وما زالت المصانع والورش الصغيرة تحتاج

إلى ترشيد وتوجيه حتى تتبع المعايير العالمية والمنصوص عليها في قوانين حماية البيئة المصرية ونأمل أن تأتى الخطة الخمسية الثالثة لحماية البيئة الصناعية ثمارها المرجوة بإذن الله.

وسوف نقتصر في هذا الكتاب على مناقشة ثلاثة معادن ثقيلة والمبيدات والتي تعد لسبب أو لآخر الأخطر على البيئة وصحة الإنسان وهم الرصاص والزئبق والكادميوم وذلك لقدرتهم على إعاقة الوظائف الحيوية في بعض العمليات الفسيولوجية للكائن الحي عندما يحل أحد هذه المعادن محل أحد العناصر المرتبطة بالأنزيم كعامل محفز مما يثبط أو يوقف تماماً العملية الحيوية وسوف نناقش بالتفصيل هذه النقطة في الفصل السادس .

(ا) الرصاص وتلوث الهواء:

من المصادر الطبيعية للرصاص في الهواء الأتربة المعلقة من التربة أو الصخور – الرماد البركاني ايروسولات بحرية ودخان الأخشاب والتبغ – ومن المصادر الصناعية والمدنية للرصاص صهر المعادن ، صناعة البطاريات ، إنتاج الصبغات والألوان ، محارق القمامة وحرق الفحم والزيوت والوقود الأحفورى. وقد قُدر محتوى الفحم والبترول من عنصر الرصاص بحوالي ٢٥ ، ٠,٣ جزء/ مليون على التوالي. وقدر ***Bertine & Goldberg 1971*** الكمية السنوية التي تلقى في الهواء الجوي من حرق الوقود بأنه يتراوح بين ٣٥٠٠ طن متري رصاص من الفحم ،٥٠ طن متري رصاص من البترول. ويعد إحتراق الجازولين السبب في وجود ٨٠٪ من الرصاص في الهواء حيث يضاف الرصاص في تركيبة الجازولين في صورة رابع إيثيل الرصاص لتحسين خواص الوقود ورفع رقم الأوكتان.

ومعظم الرصاص في عادم السيارات يتواجد على صورة كلوريد وبورات الرصاص بالإضافة إلى إتحاد الأمونيا مع هاليدات الرصاص لتكون معقد أزوتي يختلف تركيبه بإختلاف ظروف المدينة. كما قد يوجد الرصاص في العادم في صور أخرى مثل أملاح الكبريتات والبورات والفوسفات حسب الإضافات المعامل بها الجازولين ، وقد أوضحت الدراسات القليلة على تلوث الهواء في مصر أن تركيزات الرصاص يصل في بعض مناطق القاهرة أثناء الذروة إلي ١٥ ميكروجراماً / م^{٣}.

وتختلف أحجام جزيئات الرصاص المنبعثة مع عادم الإحتراق بإختلاف ظروف القيادة في المدينة حيث وجد أن طبيعة ظروف القيادة هي المسئولة عن ٢٨-٤٥٪ من الرصاص المنبعث مع عادم الغازات من السيارات. ووجد أن ٧٣٪ من جزيئات عوالق الرصاص تقع عند حجم أقل من خمسة ميكرون وأن زيادة سرعات السيارات في الطرق تقلل هذه النسبة إلي ٣٥ - ٥٥٪ (***Hirschler, Gilbert, 1964***). وفي دراسة حديثة وجد أن ٨٥٪ من جزيئات العوالق المحتوية على الرصاص في عينات هواء مأخوذة على مسافات من ١٠-٦٠٠ م من طريق مزدحم بالمدن (٤٠ ألف سيارة / يوم) كانت أقل من ٤ ميكرون وكان ٦٥٪ منهم أقل من ٢ ميكرون.

ومن الجدير بالذكر أن الوقت الذي يمكث فيه الرصاص في الهواء يعتمد على حجم الجزيئات الحاملة له أو الملتصق بها. ففي دراسات تمت على ٥٩ موقع حضرى وموقعين غير حضريين بالولايات المتحدة ظهر أن ايروسولات العوالق الحاملة للرصاص لها مكافئ قطر يساوى ٠,٢٥ ميكرون ، وكانت تركيزات الرصاص في هذه الدراسات تتراوح بين

٠,٣-٢,٥ ميكروجرام / م[٣] (*Robinson & Ludwing, 1967*) . ويرجع انتظام التوزيع للجسيمات المحملة لمركبات الرصاص في مناطق المدن أو المناطق غير المأهولة إلي أن مركبات الرصاص تتحدد وتكتسب شكلها في أثناء تبردها من غازات الاحتراق والغازات الصناعية.

يمكث الرصاص في الجو فترة من الزمن تتراوح من أسبوع إلى أربع أسابيع. والقياسات التي استخدمت نظير الرصاص[٢١٠] المشع أثبتت أن الجزيئات الدقيقة من أيروسولات الرصاص تصعد إلى أعلى فيما وراء طبقة التروبوسفير. وقد وجد أن تركيزات أو مستويات الرصاص[٢١٠] فوق الطبقات المكونة للأمطار في طبقة التروبوسفير كانت أعلى من مستوياته أسفل هذه الطبقات (**Burton & Stewart** 1960). وفي نصف الكرة الشمالي تنتقل ايروسولات الرصاص شمالاً حتى تصل الدائرة القطبية حيث تتركز أكثر ثم تسقط ثانياً للغلاف الجوي ومنه على الأرض مع الثلوج أو الأمطار، وهذه الدورة تتوقف على حركة تيارات الهواء من الشمال إلى مدار الاستواء.

وجزيئات الرصاص في الهواء تدخل في العديد من تفاعلات التغيرات الطبيعية والكيميائية ولعل أبلغ مثال على ذلك هو الارتباط السريع بين الرصاص الناتج من عادم السيارات وعنصر اليود في الغلاف الجوي والجزئ الناتج (يوديد الرصاص) أكثر ثباتاً من يوديد كلوريد وبورات الرصاص ، ووجد أنه يكون نواه فعالة لتكوين السحب وبالتالي يسبب ضباب رقيق ويقلل من مرور أشعة الشمس.

مثال آخر على التفاعلات هو التحلل الهوائي لمركب يوديد كلوريد وبورات الرصاص في عادم السيارات نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية

فيتطاير جزئ البورون. وعادة معظم ايروسولات الرصاص تكون في صورة هاليدات أو كبريتات حيث يتفاعل أكسيد الرصاص مع أكسيد الكبريت ليكون كبريتات الرصاص والتي تكون ثابتة في الهواء الجوي بدرجة أكبر من الهاليدات. وتختلف تركيزات الرصاص في الهواء تبعاً للأنشطة السكانية والصناعية والاختلافات الموسمية المناخية.

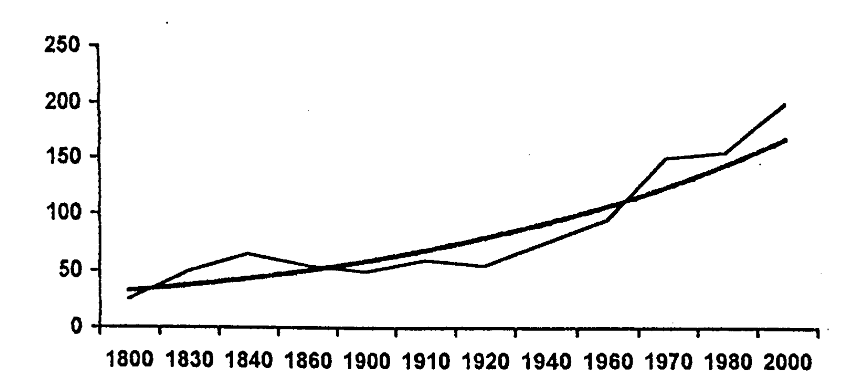
وعموماً من المعلومات المتوافرة من الشبكة القومية لأخذ عينات الهواء في الولايات المتحدة يبدو واضحاً أن لكل ١٠٠٠ مرة زيادة في الكثافة السكانية يحدث زيادة في تركيزات الرصاص ٣ أضعاف وأن المتوسط الحسابي لتركيزات الرصاص في المدن عموماً يقدر بحوالي ١ر١ ميكروجرام/ م^{٣} وأن أعلى تركيز للرصاص في هواء المدن كان ٨,٦ ميكروجرام/م^{٣} (*Morgan & Tabor*, 1970).

وفي عديد من الدراسات وجد أن مستويات تركيزات الرصاص في الغبار المتساقط ومياه الأمطار لها علاقة معنوية مع كثافة المرور والتغيرات الموسمية لمستويات الرصاص في الهواء. حيث لوحظ أن تركيزات الرصاص في مياه الأمطار تكون أعلى في الشتاء عنه في الصيف وأيضاً تكون أعلى في بداية المطر عنه في نهاية المطر (في الحالة الواحدة). ويمكن القول أن متوسط التركيز في مياه الأمطار الساقطة على ٣٢ محطة قياس في الولايات المتحدة كان ٣٤ ميكروجرام رصاص/لتر كما وجد أن النصف الشرقي من البلاد كان الأعلى في مستويات الرصاص المتساقطة حيث كانت ١٦٦ مليجرام/م^{٢} /سنة قرب شيكاغو، ١٣٢ مليجرام/م^{٢}/ سنة قرب فلادلفيا ، ٦٠مليجرام/م^{٢}/سنة في سنسيناتي بينما

كان النصف الغربي من البلاد هو الأقل وكانت التركيزات أقل من ٤ مليجرام/م٢ /سنة (*Lazrus et al.*, 1970).

وتختلف كميات الرصاص المتساقطة مع الغبار من الجو طبقاً لظروف المدن أو الأقاليم ويمكن الحصول على صورة أوضح لمدى مساهمة النشاطات الإنسانية ككل على تركيزات الرصاص في هواء الأرض بدراسة الغطاء الجليدي لجرينلاند في القطب الشمالي إذ يتساقط الثلج كل عام على الجليد الدائم لجرينلاند (وبالمثل القطب الجنوبي) مرسباً معه جسيمات من الهواء وبمرور سنة وراء أخرى تقوم الثلوج اللاحقة بضغط الثلوج السابقة في طبقات رقيقة وتحولها إلي جليد دون أن تغير من تركيب الجسيمات المحتبسة أو الهواء المحتبس وعند استخراج هذا الجليد وتحليله اليوم فأنه يحكى لنا قصة كاملة عن تطور التلوث مع الزمن ويمكن أن يختزن سجلاً يبين كيف يؤثر النشاط الإنساني في نصف الكرة الشمالي والذي توجد به أغلب مجتمعات العالم الصناعية في الهواء ويمثل الشكل (١) : المنحنى الخاص بكمية الرصاص الموجودة في أعماق مختلفة من غطاء جرينلاند الجليدي حيث نلاحظ الارتفاع المطرد في رواسب الرصاص والذي بدأ قبل عام ١٧٥٠ بسبب التوسع في استخدام الرصاص ومصانع صهر الرصاص وقد إستمر النشاط الصناعي في الشارع في القرن العشرين وأدخل رابع ايثيل الرصاص كمادة مضافة للبنزين ونتيجة لذلك ارتفعت كمية الرصاص في جليد جرينلاند محلقة إلى أكثر من مائتي مرة قدر قيمته في زمن ما قبل الحضارة. وسوف يستطيع العلماء في المستقبل أن يستنتجوا من تحليلات جليد

جرينلاند مدى نجاح المجهودات الراهنة في كثير من الدول الصناعية لتقليل استعمال الرصاص في الوقود.



شكل (١) : كميات الرصاص في عينات جليد جرين لاند علي اعماق مختلفه من السطح

(١ بيكروجرام يساوي ١٠ $^{-١٢}$ جرام)

ومن الجدير بالذكر أن حركة الملوثات (جسيمات الرصاص) في الهواء وانطلاقها إلي أماكن بعيدة عن مصدرها لا تتحدد فقط بخواصها الطبيعية والكيماوية ولكن تشترك مع عوامل أخرى كالظروف الجوية – وطبوغرافية

المكان وعدد المبانى والمنشآت وإرتفاعاتها. وهكذا يستلزم تعدد المتغيرات المتداخلة في التنبؤ بحركة ملوثات الهواء وتعقدها إستخدام الحاسبات الإلكترونية ونماذج الكومبيوتر والتي تعتبر من العلوم الناشئة.

وأوضحت الدراسات علي هواء جنوب القاهرة أن المسابك هي مصدر تلوث الهواء الأول وينبعث منها ١١٠٠ طن رصاص سنويا وفي القليوبية والجيزة حوالي ٤٠٠٠ طن لكل منهما مما يعرض العاملين في هذه المسابك لخطر الرصاص يفوق المسموح به عالميا مائة مرة٠

(٣) الزئبق وتلوث الهواء:

يعد حرق الفحم والبترول هو المصدر العام للزئبق في الجو. وفي دراسة على ٣٦ نوع من الفحم وجد أن محتوى الزئبق يتراوح بين ٧٠ إلى ٢١,٠٠٠ جزء/البليون بمتوسط ٣٣٠٠ جزء في المليون (***Joensun,*** 1971) وقد تم تقدير الكميات السنوية من الزئبق التي تصل الجو ناتجة من حرق الفحم وحده تصل إلى ٣٠٠٠ طن متري حيث يستهلك في الولايات المتحدة حوالي ٥×١٠^٨ طن متري فحم سنوياً.

استخلاص الخامات وتكريرها مصدر آخر رئيسي لتلويث الهواء بالزئبق وقد قدر (***Wallace*** 1971) كمية الزئبق المنبعثة في الجو في الولايات المتحدة بحوالي ٢٠ طن متري سنوياً من الصناعات العديدة التي يستخدم بها الزئبق كعامل مساعد كما هو الحال في صناعات الأصباغ والمبيدات .. الخ.

وانبعاث أبخرة أو غازات لمركبات الزئبق من باطن الأرض المحتوية على إحدى خامات الزئبق ظاهرة معروفة بل وتستخدم في الكشف والتنقيب عن خامات الزئبق نفسه (كبريتيد الزئبق). وقد لوحظ أنه في المناطق المحتوية على مثل هذه الرواسب يكون تركيزات الزئبق في الهواء الجوي وعلى ارتفاع ٧٠ متر من سطح الأرض ، عشرة إلى ٣٠ ضعف التركيز العادي (٠,٠٠٤٥ ميكروجرام زئبق/م^{٣}) لدرجة أنه يمكن الكشف عنها بواسطة طائرات الإستكشاف على إرتفاع ٣٠٠ متر (***McCarthy*** ***et al.***, 1970). بالإضافة إلى دورة الزئبق في الطبيعة حيث يمر الزئبق بالعديد من التحولات في الصورة الغازية والسائلة والصلبة ويدخل في تفاعلات حيوية ينتج عنها مركبات زئبق معدني أو عضوي مما يعمل على توسيع دائرة خطرُه وتدخله في سلسلة الغذاء وما يشكله من خطورة على الجهاز العصبي للإنسان.

وتشكل العمليات الصناعية التي تستخدم بها مركبات الزئبق كصناعة الكلور والصودا الكاوية مصدراً أساسياً لتلوث الهواء بأبخرة وجسيمات الزئبق. ففي كندا وحدها تقدر هيئة حماية البيئة الكندية أن حوالي ٧٥ طن زئبق تنبعث إلى الهواء سنوياً.

وفي دراسة عن محتوى الزئبق في الهواء في ٢٥ منطقة بالولايات المتحدة كانت التركيزات تتراوح بين ٠,٠٠٤٩ - ٠,٠٠٠٠٨ ميكروجرام/م^{٣} (***Harrison*** ***et al.***, 1971). ووجد أن معدل الزئبق المتساقط في دولة صناعية مثل السويد قد يصل إلى ١٢٠ ميكروجرام زئبق/م^{٢}/سنوياً (***Anderssen & Wiklander*** 1965). أوضحت دراسة أن أتربة وغبار الشوارع قد تحتوى على ١٨-٢٢ جزء/مليون زئبق (***Fujimura***, 1964).

(٣) الكادميوم وتلوث الهواء:

يرجع تلوث الهواء بالكادميوم أساساً إلى العمليات الصناعية المختلفة سواء كانت مرتبطة أو غير مرتبطة مباشرة بالكادميوم. وفي دراسة عام ١٩٦٨ في الولايات المتحدة الأمريكية قدرت كمية الكادميوم المنبعثة أثناء صناعة وإنتاج معادن الزنك والرصاص والنحاس بحوالي ١٠٠٠ طن متري، بينما كانت كمية مماثلة تنبعث أثناء عمليات صهر وتنقية وتكسية وإنتاج الصلب ، يضاف إليها ٢٠ طن متري كادميوم تنبعث نتيجة صناعات البلاستيك، البطاريات ، الصبغات ، السبائك والأسمدة (الهيئة القومية للتحكم في تلوث الهواء ١٩٧٠) ، ويعد أكسيد الكادميوم من المعادن المسببة للمرض حيث يسبب إنبعاثه ما يسمى بحمى أبخرة المعدن.

وإنتاج الولايات المتحدة من الكادميوم قدر عام ١٩٦٨ بحوالي ٤٨٠٠ طن متري في حين كان الإستهلاك في نفس العام حوالي ٦٠٠٠ طن متري ويستخدم أساساً في صناعة الصباغات والبلاستيك والطلاء بالكهرباء.

وإنبعاث الكادميوم أثناء صناعات ليست مرتبطة مباشرة بالكادميوم ، وتعد أيضاً مصدراً هاماً للتلوث به ، فإحتراق الفحم والبترول والخشب والأوراق وكذلك قمامة المدن (المادة العضوية منها) تعد مصدر محسوس لإنبعاث الكادميوم. وقد قدرت كمية الكادميوم في الفحم بحوالي ٥٠ جزء/مليون ، والمتوسط العالمى للكادميوم في وقود الإحتراق بحوالي ٠,٠١ جزء/مليون. وفي خمس عينات من زيوت المحركات كان متوسط تركيز الكادميوم ٠,٤٨ جزء في المليون وقدرت كمية الكادميوم المنبعثة للهواء من إحتراق زيوت المحركات فقط بحوالي ٨٥٠ كجم/سنة عام ١٩٦٨ (Nat. Air Poll. Contr. Adm. 1970). وقد توجد كميات أعلى في بعض زيوت

المحركات والتي تضاف إليها كمضادات للأكسدة حيث يستخدم زنك داى ثيو فوسفات. وإذا أخذنا في الاعتبار الكميات التي تستهلك سنوياً من الفحم والوقود الحفرى يمكننا أن نقدر الكمية التي تنطلق للهواء مسببة تلوثه فمثلاً الولايات المتحدة تستهلك ٥×١٠^٨ طن متري فحم + ٢,٤ × ١٠^١١ لتر وقود مما يسبب انطلاق كميات من الكادميوم للهواء الجوي كما ذكرنا عالية.

وكمية الكادميوم المنطلقة نتيجة لحرق القمامة العضوية في الولايات المتحدة لا يستهان بها لسببين : أولاً ضخامة الكمية المنتجة من القمامة يومياً حوالي ٣٠٠,٠٠٠ طن متري/يومياً وثانياً لآن الكادميوم ومركباته قابلة للتطاير في كثير من المواد. ومصدر آخر للكادميوم في الجو هو من إطارات السيارات القديمة سواء أثناء سير السيارات أو عند حرقها كما يحدث في بعض المناطق المتخلفة ومن الجدير بالذكر أنه في دراسة تحليلية وجد أن الإطارات تحتوى على ٢٠-٩٠ جزء/مليون من الكادميوم في مطاط الإطارات والناتج من إضافة بعض مركبات الزنك واللازمة لتقسية المطاط (*Lagerwerff & Specht*, 1970). وقد قدرت الكمية من الكادميوم المنبعثة من إطارات السيارات فقط بحوالي ٦ طن متري في سنة ١٩٦٨ (Nat. Air, Poll. Ad.) وتم حساب هذا المتوسط بحساب متوسط عدد السيارات/ميل ، متوسط عمر الإطار بالميل ، كمية المطاط التي تبلى عند التخلص من الإطار بالإضافة لكمية الكادميوم في المطاط. والبيانات المأخوذة من دراسة على أربع طرق رئيسية قرب مدينة سينسيناتى أوضحت أن الغبار الملوث بالكادميوم يقدر بحوالي ١ إلى ٠,٢ مليجرام كادميوم/م^٢/سنة (كمية الغبار الساقط ٥٠ إلى ٩٠ جم/م^٢/سنة) (*Creason et al.*, 1971).

المبيدات وتلوث الهواء:

تصل المبيدات للغلاف الجوي بالعديد من الطرق ، خاصة من انتشار محاليل الرش أو مساحيق التعفير ، وكذا التطاير من التربة والماء ، والانتشار من أهم السبل في هذا الخصوص، حيث تنتقل جسيمات الرش لعدة أميال بعيداً عن مكان المعاملة " أقل من ٥ ميكروميتر في الحجم ، أما تلك التي تتراوح حجوم قطراتها من ١٠-٥٠ ميكروميتر ، فتسقط علي الارض" ، ولا يجب أن يغفل التطاير أثناء إجراء عمليات المكافحة مما يترتب عليه فقد في كميات المبيد ، ونقص الفعالية مما يحتم علي المشتغلين في هذا المجال تصحيح هذا الوضع في سبيل تحقيق مكافحة فعالة ضد الآفات المستهدفة ، ونوع المستحضرات ذو أهمية كبيرة في حدوث الانتشار ووصول المبيدات إلى الغلاف الجوي ، خاصة مساحيق التعفير ومستحضرات التضبيب ومولدات الادخنة والايروسولات وكان يعتقد أن المركبات ذات الضغط البخاري المنخفض لاتتطاير إلى الغلاف الجوي ، ولكن ثبت بعد ذلك خطأ هذا الاعتقاد ، حيث أنه في المساحات الواسعة المعاملة يحدث تلوث كبير للهواء ، بالرغم من التطاير البسيط علاوة علي أن الضغط البخاري يختلف بدرجة كبيرة تبعا للظروف السائدة ، مثل : الحرارة ، وتركيز المبيد ، والرطوبة النسبية السائدة ، ويميل بعض الباحثين إلى القول بأن التطاير يحدث بعد استقرار المبيد علي السطح المعامل مباشرة ، وبعد فقد الماء ، ويصبح من الصعوبة بمكان حدوث تطاير بعد ذلك لارتباط المركب وادمصاصه علي السطوح المرشوشة ، ويحدث تطاير لجزيئات المبيد علي سطح التربة الملوثة علي صورة أبخرة ، وبدرجة أكبر في الأراضي الثقيلة عن الجافة ، حيث يحدث إحلال لجزيئات الماء علي أماكن إدمصاص المبيدات ، وأكدت أن

الارض المحتوية علي طبقة واحدة من الماء لا تفقد عنها المبيدات بالتطاير وتختلف مشابهات المبيد الواحد في درجة تطايرها من التربة ، مما دعا إلى الاعتقاد أن التطاير يعتبر وسيلة هامة في سبيل اختفاء نواتج تكسير وتمثيل المبيدات ووجود المزروعات في الأرض يقلل من تطاير المبيدات ، وعند هبوب الرياح يحدث انتثار لحبيبات التربة الملوثة بالمبيدات ، مما يؤدي الي وصولها للغلاف الجوي ، ويوضح الجدول (٤) تواجد المبيدات في الهواء.

ولقد إتضح من دراسات تلوث الهواء بالمبيدات التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية أن كمية الكيماويات العضوية تختلف تبعا لنوع المادة الكيميائية ، ومكان العينة ، والموسم ، وطريقة أخذ العينة ، ودقة ونوعية الباحث ، ومن النتائج أمكن التعميم أن المبيدات ذات الثبات النسبي العالي والضغط البخاري المعقول " أكثر من ٧-١٠ ملليمتر زئبق" والسهل الكشف عنها ، والتي تستخدم بكثرة في برامج المكافحة توجد بكميات لايستهان بها في الهواء.

وهذه الظروف تتمشى مع المبيدات الكلورينية العضوية ، ولو أن الجدول السابق يشير الي وجود الكميات القصوى في حالة المبيدات الشائعة الاستخدام في مجال الزراعة مثلا الملاثيون والميثايل باراثيون والتوكسافين، ولكن احتمالات ومرات وجود مخلفاتها أقل مما هو حادث في حالة المركبات الكلورينية ، كالـ د.د.ت والديلدرين ، وسادس كلورور البنزين ، وهناك من ينادي بأن المركبات ذات الثبات العالي وذات الضغط البخاري المتوسط إلى العالي ، وشائعة الاستخدام في البيئة تكون أكثر ثباتا ، ومن ثم أمامها فرصة للانتقال بين المكونات البيئية المختلفة ومنها الهواء.

والفقد بالتطاير يضيف مشكلة أخري في سبيل تحقيق فعالية أكيدة عند استخدام المبيدات ضد الآفات المستهدفة ، ولقد وجد Willis وزملاءه عام ١٩٨٠ وجود ٩٪ من مبيد التوكسافين المرشوش بالطائرات في حقول القطن علي النباتات غير المستهدفة بعد ساعة واحدة من المعاملة٠ وأشار إلى أن الانتشار هو السبب الرئيسي لهذا الفقد الكبير ، وأشار نفس الباحثين الي أنه بالرش الأرضي تم فقد ١٧-٥٤٪ من التوكسافين خلال ٣ ساعات بعد المعاملة علي القطن ، ثم حدث فقد إضافي بعد المعاملة وصل إلى ٢٦٪ خلال خمسة أيام ، و ٥٣٪ خلال ٣٢ يوما ، وهذا يدل علي أن معظم المبيد المستخدم يجد طريقة إلى الهواء خلال فترة وجيزة ، وسبب ضآلة تواجد المبيدات الفوسفورية والكاربامات والنيتروأنيلينات والبيرثرينات المصنعة في الهواء ترجع إلى سرعة انهيارها في البيئة •وعندما يصل المبيد أو أية مادة كيميائية إلى الهواء ، فانه يتعرض إلى عمليات طبيعية وكيميائية تؤدي إلى فقد مخلفاته وتخليص البيئة من ضررها ، والتفاعلات الكيميائية تتركز أساسا في الأكسدة العادية والضوئية ، والعمليات الطبيعية التي تزيل الجزئيات العضوية الكبيرة تشمل الغسيل بماء المطر ، والتساقط مع ذرات التراب الجافة وغيرها.

ويمثل الماء الوسط الكبير الذي يشكل تلوثه بالمبيدات مشكلة خطيرة، حيث ثبت وجود بقايا المبيدات في العديد من الأنهار والبحيرات ، وحتى المحيطات وجد أنها تحتوي علي كميات صغيرة ومن الثابت وجود توازن بين كمية بقايا المبيدات في الماء والهواء السائد فوقها ، والانتقال بين هذين الوسطين يتوقف علي التركيزات النسبية بينهما ، ففي حالة الحجم الهائل لمياه

المحيطات وحدوث معدلات ترسيب عالية ، فانــه مـن المتوقـع حـدوث انتشـار للمبيدات من الهواء إلى الماء وليس العكس ، وتشجع الرياح والدوامات القريبة من السطح حركة المبيدات في الغلاف الجوي.

جدول رقم (٤) تواجد المبيدات في الهواء

المركب	العينات الايجابية ٪ ٧٠-١٩٧٣	التركيز الموجود في الهواء (نانوجرام/م٣)		
		متوسط القيم	الحد الأقصى	الحد الأقصى بجورجيا
بارا – بارا – د.د.ت	٩٨ر٢	٥ر٧	٩٤ر٣	٥٣٤ر٧
بارا – بارا – د.د.اي	٩٥ر٩	١ر٨	١٩ر١	٣٠ر٣
ديلدرين	٩٤ر٠	١ر٧	٢٣ر٩	١٢ر٠
ألفا سادس كلورورالبنزين	٨٧ر٤	١ر١	٧ر٨	--
أورثو – بارا – د.د.ت	٨٧ر٤	٢ر٢	١٠٢ر٤	٢١٠ر٣
جاما سادس كلورور البنزين	٦٧ر٧	٠ر٩	١١ر٧	--
ديازينون	٥٠ر٢	٢ر٥	٦٢ر٢	٧٧ر٤
هبتاكلور	٤٢ر٠	١ر٠	٢٧ر٨	٠ر٨
ملاثيون	١٧ر٩	١٩ر٧	٧٠٩٠	٢٧٠ر٣
الدرين	١٣ر٥	١ر٦	٢٤ر٦	٦ر٩
ميثايل باراثيون	١١ر٣	١٠ر٤	٢٧٨ر٥	٢٠٦ر٠٠
٢ر٤ – د	١٠ر٥	٣٣ر٢	٢٠٥ر٥	--
اندرين	٨ر١	٢ر٦	١٩ر٢	٣٩ر٣
بارا – بارا د.د.د	٥ر٠	١ر٦	١٢٧ر٠	٢ر٨
تراي فلورالين	٤ر٠	٢ر٧	٣٠ر٣	--
توكسافين	٣ر٥	١٨٩٠ر٠	٨٧٠٠ر٠	١٧٤٦ر٥

وهناك طريق آخر مؤكد لوصول بقايا المبيدات إلى الهواء يتمثل في حرق المواد العضوية الملوثة بالمبيدات ، وكذلك حرق المخلفات الزراعية ، خاصة القش •

وكميات المبيدات في الهواء لا تسبب أضرارا للإنسان عند استنشاقها، نظرا لضآلتها ولقد ثبت من الدراسات أن الكمية التي تدخل الجسم من هذا الطريق يوميا تتراوح من ٢ - ٣٢ميكروجرام/شخص وهي تمثل ٢ - ٥٪ من تلك الكمية التي تؤخذ مع الطعام ، والجدول رقم (٥) يوضح هذه الاستنتاجات •

تتعلق المبيدات في الهواء عند رش المبيد من الرشاشات والتي تتراوح أقطارها بين ٢٥-١٠٠ ميكرون وتنتقل القطرات في الهواء بسرعة لتسقط علي النبات أو الأرض وعند تبخر السائل الحامل للمبيد جزئيا يترك جسيمات أصغر وأصغر عالقة بالهواء لفترة أطول وكما في حالة المبيد المضاف علي صورة دخان فان الجسيمات تكون صغيرة جدا وذات قطر ٢ ميكرون وتظل عالقة بالهواء لفترات طويلة جدا ومن مصادر تلوث الهواء بالمبيد أيضا حرق بقايا ومخلفات أوعية المبيدات بالإضافة إلى حمل الرياح لبقايا المبيد الملتصقة بجسيمات الغبار علي سطح النبات أو التربة مثلا ، وهذا ما نلاحظه في موسم مقاومة الآفات مثلا دودة القطن في مصر حيث تظهر رائحة المبيد المستخدم في هواء الحقول لفترات زمنية تتوقف علي الظروف المناخية وطبيعة المبيد المستخدم ، وبالأخص حجم جسيمات المبيد، ويمكننا توضيح أهم مصادر التلوث بالمبيدات في الهواء•

جدول رقم (٥) كمية المبيدات التي تؤخذ مع الهواء في أمريكا*

نوع المبيد	التركيز الموجود في الهواء (نانوجرام / م٣)		
	من الهواء	من الغذاء	الكمية المسموح بها يوميا
الـ د.د.ت ومشتقاته	٠٫٢٢٧	٠٫٨	١٠
ديلديدريـــــن	٠٫٠٤٦	٠٫٠٨	٠٫١
أندريــــــن	٠٫٠١	٠٫٠٠٤	--
لنديـــــــن	٠٫٠٠٢	٠٫٠٧	١٢٫٥

* مأخوذ من Barney (1969)

١) الرش المباشر بالطائرات حيث تكون علي ارتفاعات أعلـي نسبيا وتكـون جسيمات المبيد صغيرة " غالبا أقل من ١٠ ميكرون حتى تنتشر بمساحات كبيرة من الحقول وقد وردت تقارير بأن تركيز المبيد في الهـواء المحلـي لقرية بعد الرش يصـل إلـى ١٣١٫٩ نـانوجرام/م٣ هـواء ثـم يتـدرج فـي النقصان ليصل إلى ٢١٫٩ نـانوجرام/م٣ بعـد حوالـي أسـبوع مـن الـرش ويبدو أن تأكسد المبيدات في الهواء يكون أسرع من تأكسدها في المـاء أو التربة ذلك لانـه بالنسبة لوزنهـا فـان جانبـا كبيـرا مـن سـطحها يتعـرض للأكسجين بالاضافه لتحلل المبيد بفعل الطاقة الضوئية خاصة حيـن يكـون المبيد في صورة جسيمات صغيرة عالقـة فـي الهـواء لعـدة سـاعات فعلـي سبيل المثال وجد أن الأشعة فوق البنفسـجية ذات قـدرة عاليـة علـي تحلل

مبيد الميثوكس كلور في محلول الهكسان بسرعة بالغة.

٢) التبخر والتطاير من فوق سطح النبات أو التربة وقد قدرت الفترة اللازمة لزوال بقايا المبيدات علي سطح النبات بحوالي ٢١ يوم وهذا يتوقف علي الظروف الجوية المحلية (حرارة – رطوبة – أمطار – رياح – ضوء)، أما بالنسبة للتطاير من سطح التربة التي غالبا ما تستقبل ٥٠٪ من الكمية المرشوشة من المبيد فبالإضافة للظروف المحلية الجوية وطبيعة سطح التربة فان عامل الضغط البخاري للمبيد نفسه يلعب دورا كبيرا فالمعروف أن المبيدات ذات الضغط البخاري المنخفض تكون أقل تطاير من التربة بعكس المبيدات ذات الضغط البخاري المرتفع سريعة التطاير.

الاثر الضار لتلوث الهواء بالمبيدات :

يتوقف الخطر الذي يصيب الكائنات الحية علي طبيعة تعرضها للمبيدات كالتنفس أو التناول عن طريق الفم أو الملامسة بالجلد ، وخطورتها علي الثدييات بصفة عامة أكبر فيما لو دخلت الجسم عن طريق التنفس لأنها تمتص بالكامل في الدم بعكس لو حدث عن طريق الفم أو من الجلد " لا يتعدى الامتصاص ٥-٣٠٪ " ، ولا يمكن تقدير درجة الخطورة علي الجهاز التنفسي ما لم يعرف الكثير عن تركيز المبيدات ومشتقاتها في الهواء سواء في موقع الرش أو موقع التعرض لها عند أوقات مختلفة ، ونظرا للمعدل العالي للتخفيف في هواء الغلاف الجوي نتيجة التيارات الهابطة والصاعدة وحركة الهواء فان ذلك يحد من أي زيادة في تركيز المبيد في الهواء ، وحيث أنه من

المنتظر أن تكون أعلي تركيزات المبيدات العالقة بالهواء هي التي تكون علـي مقربـة مـن مواقـع اسـتخدامها فيجـب علـي الأفـراد اسـتخدام الكمامـات وأخـذ الترتيبات الوقائية٠

ومن المتوقع أن التركيزات علي بعد عدة أقدام إلى عدة أميال من موقـع استخدام المبيد تتوقف علي اتجاه الريـح وكميـة المبيـد المترسبة علـي الأرض وعلي المحاصيل في الحقول المجـاورة ، وقـد أظهـرت القياسـات التـي أخـذت لمبيد الباراثيون علي مسافات من بستان عولج به – أن التركيزات لا تتجـاوز ٠٢ر٠ مليجرام فـي المـتر المكعـب القريبـة وكـانت مجـرد آثـار بسـيطة علـي مسافات أكبر.

والجدير بـالذكر أن هنـاك بعض مبيـدات الآفـات التـي يفـرض علـي استخدامها قيود شديدة في الولايات المتحدة لكنها تصدر الي دول العالم الثالث، كما يتضح من الجدول رقم (٦).

وأخطر هذه المبيدات علي الإطلاق هو مبيد ٢ ، ٤ ، ٥ – ت حيث أنـه يحتـوي علـي مـادة فعالـة شـديدة السـمية والمعروفـة بالديوكسـين DIOXIN ويكفي نصف جرام من هذه المادة لقتل ٣٥٠ شخص ،.وقد دلت التجارب علي حيوانات التجارب أن هذه المادة تعمل علي تكسير حمـض DNA نفسـه فـي أجسامها٠

٤) وضـع المصـادر الصناعيـة بعيـداً عـن الأحيـاء السكنيـة مـع حسـاب عوامـل التهويـة وسـرعة الريـاح واتجاهاتهـا للحد من تـلوث البيئـة.

٥) وضـع خـطط للرصـد البيئي للملوثات وتقييـم كفـاءة خـطط التحـكم فـي الملوثـات ومقاييس الجـودة.

٦) توفيـر وقـود سـيارات خـالي مـن الرصـاص وعـدم السـماح بمـرور السيارات في شـوارع الأحيـاء التجـاريـة وتشـجيع التنقـل بالمواصـلات العامـة.

٧) الاعتماد على مصـادر طاقـة لا تـلوث البيئـة مثل الغـاز الطبيعي والطاقـة الشـمسية ورفع كفـاءة استخدام الطاقـة المنتجـة نفسـها.

٨) الاهتمـام بالبحـوث العلميـة وإدخـال التقنيـات الحديثـة بمـا يتوائـم مـع الاحتياجات الفعلية.



تلوث الهواء بالرصاص في القاهرة ستة أضعاف المعدل العالمي

جدول (٦) اشهر مبيدات الافات الملوثة للهواء

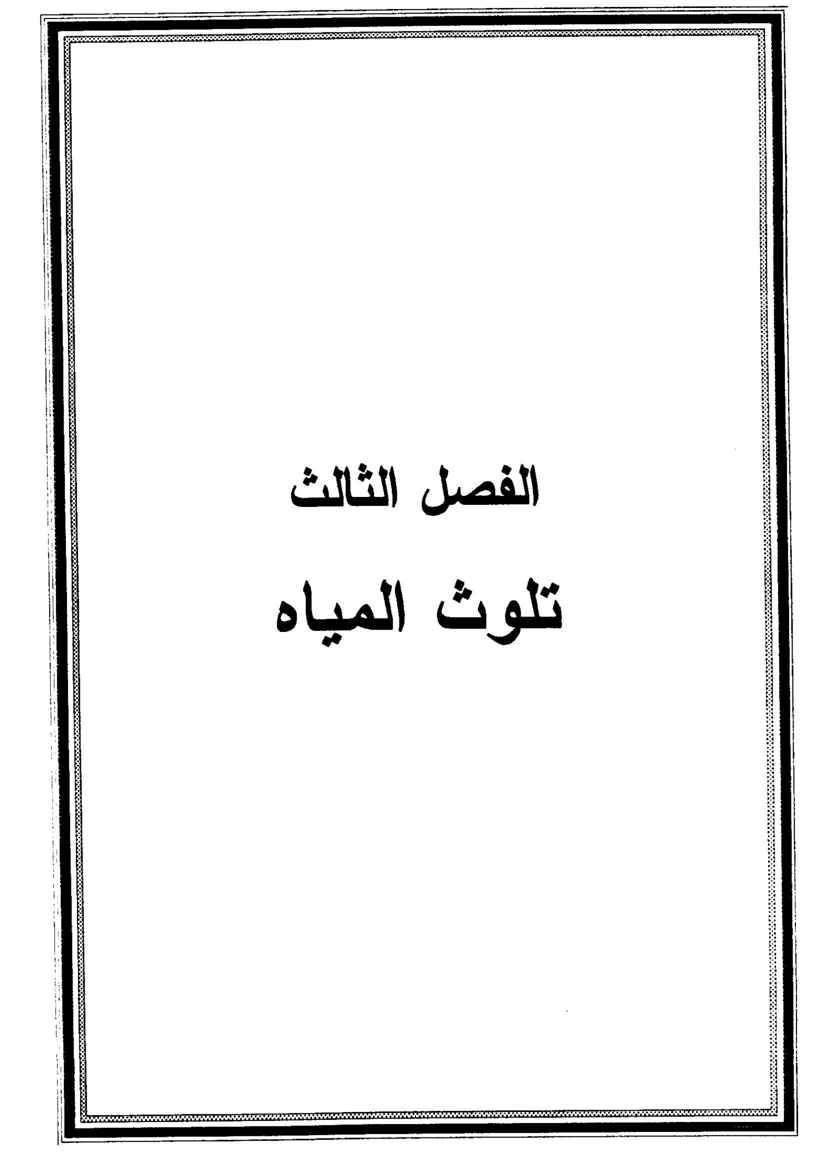
نوع المبيد "الاسم التجاري"	التأثير	الجرعة القاتلة
الدرين	سرطان – تشوه للجنين وتلف الجهاز العصبي	٤ – ٥ جرام
B.H.C	سرطان	٤ – ٥ جرام
كلوردين	سرطان	٥ – ١٠ جرام
D B C P	سرطان – عقم عند الذكور	٦ – ٩ جرام
D.D.T	سرطان – تلف الجهاز العصبي	٦ – ٩ جرام
هبتاكلور	ســــــرطان	٥ – ١٠ جرام
كيبون	سرطان – تلف الجهاز العصبي	٥ – ١٠ جرام
براثيون	تلف الجهاز العصبي وتشوه الاجنة	عدة نقط
براكريت	،، ،، ،، ،،	٥ – ١٠ جرام
يدتروفين	سرطان عقم الا نـــــاث	٢٣٥ سم٣
توكسفين	سرطـــــــان	٥ – ٦ جرام
٢، ٤، ٥ – ت	سرطان – عيوب خلقية – مقترحات جلدية	٢٨ جرام

مكافحة تلوث الهـواء:

١) وضـع التشـريعات والمقاييـس التـي يجب الإلتـزام بهـا وعـدم إطــلاق ملوثات إلى الجـو إلا في أضيق الحـدود وعنـد المسـتويات المسـموح بهـا.

٢) وضـع وسـائل التحـكم فـي الملوثـات علـى مـداخن المصـانع وتوفيـر وسـائل معالجـة العـوادم والغـازات قبـل إنطـلاقهـا.

٣) زيـادة المسـطحات الخضـراء وإقـامـة أحزمـة خضـراء حـول المـدن.



الفصل الثالث

تلوث المياه



بالرغم من اتساع المسطح المائي على سطح الكرة الأرضية والذي يبلغ ٧١٪ في حين تبلغ اليابسة ٢٩٪ فقد ظهرت الآثار الضارة لنشاطات الإنسان على البيئة المائية ، وبالرغم من محاولات الإنسان في التحكم في المياه والمحافظة عليها إلا أن تجاوزات التطبيقات التكنولوجية المتاحة والإهمال والجهل في بعض الحالات قد أدت إلى تلوث العديد من المصادر المائية وما يتبع ذلك من موت الكائنات البحرية، والطيور التي تتغذى على بعضها وما يشكله ذلك من خطر انتقال السموم إلى سلسلة الغذاء والإضرار بالإنسان نفسه. فمثلاً يحتضر البحر الأبيض المتوسط ويتحول تدريجياً إلى مقبرة للأسماك لأن هناك مائة وعشرين مدينة تصرف مجاريها فيه وتلقى بنفاياتها ومخلفات مصانعها ، ونفس الشيء في بحر الشمال والبلطيق وكذلك أنهار الراين والتيمز والألب والسين ، ومعظم الخلجان والبحيرات لم تعد أسماكها تصلح للاستهلاك الآدمي حيث يتراكم في أجسامها المبيدات وبنسب قاتلة وعناصر الزئبق والكادميوم والرصاص وانتشرت أمراض الفشل الكلوي والكبدي وتليف المخ والتهاب الأعصاب نتيجة تلوث الأسماك ، ومياه الشرب.

ويعتبر الماء ملوثاً بمادة أو أكثر إذا كان غير مناسب للاستعمالات المقصودة منه سواء منزلية - زراعية - صناعية ، أو لتكاثر وتربية الأسماك ، والحياة البرية ، وتحديد المغذى النسبي لمصادر تلوث المياه التي يتسبب فيها الإنسان أمر معقد لأن الملوثات تدخل المياه غالباً في صورة مخاليط معقدة من مواد عضوية وغير عضوية تكون خصائصها غير معروفة إلى حد كبير. وللتغلب على هذه الصعوبات يستخدم بعض العوامل

أو الدلائل الجامعة لوصف حالة المياه مثل الأكسجين البيوكيماوى المستهلك ، الأكسجين الكيماوى والأكسجين المذاب ، الرقم الهيدروجينى ... الخ.

وعادة فإن مخلفات المجارى ومخلفات الصرف الزراعي والصناعي من أهم مصادر تلوث المياه السطحية والجوفية. كذلك فإن التصرفات الحمضية لمياه صرف المناجم وما تحتويه من معادن ثقيلة وبتركيزات سامة تعد من أسرع مصادر تلوث البيئة المحيطة بها. وقد أحس الإنسان بمدى خطورة تلوث المصادر المائية والندرة النسبية للمياه الصالحة للاستهلاك الآدمي ، فوضعت الدول التشريعات القانونية للحد من إلقاء المخلفات وتلويث المياه ونصت على ضرورة معالجة المياه العادمة (كيميائياً وبيولوجياً) ، وإعادة استخدامها بعد تنقيتها. ونشطت علوم هندسة البيئة وكيمياء البيئة لتقدم حلول تكنولوجية للتخلص من مياه المخلفات ومعالجتها بطرق عديدة لتقليل آثارها السيئة على البيئة. وقامت الدول المتقدمة بإنشاء شبكات معلومات لبيان موقف تلوث المصادر المائية على المستوى القومي والمحلي. فمثلاً هناك شبكة معلومات ضخمة في الولايات المتحدة أنشئت في الستينات تسمى STORET باستخدام الحاسبات الإلكترونية حيث يتم تخزين المعلومات والبيانات الواردة من ١٨ ألف محطة أخذ عينات في كل الولايات المتحدة (مياه سطحية وجوفية) حيث يفيد تراكم هذه البيانات على فترات زمنية طويلة مع المواقع المختلفة وربطها بالنشاطات الإنسانية الجارية مما يسهل معه التنبؤ بالمشاكل البيئية المتوقعة ووضع حلول لتفادى حدوثها.

بدأت مصر حديثا في إنشاء شبكة قومية لمسح تلوث مياه النيل حيث يوجد حوالي ١٧ محطة رصد تقوم بأخذ عينات مياه يومياً من النيل

وإجراء التحليلات اللازمة كمؤشرات مختلفة للتلوث ، وجارى إنشاء شبكة معلومات على مجرى النيل من أسوان إلى القاهرة ، ويلزم لتحقيق مراقبة تلوث المياه في مصر إنشاء مئات من محطات أخذ العينات بطرق قياسية موحدة سواء من مياه النيل والترع والمصارف والبحيرات بالإضافة لمياه الآبار الجوفية. كذلك عينات مياه الصرف الصناعي والصحي ومراقبة كفاءة معالجتها قبل إلقائها في المصدر المائي.

كما قد يكون من المناسب أيضاً وخاصة في الظروف الاقتصادية الحالية التدرج في معالجة ملوثات البيئة المائية حسب درجة خطورتها والتعامل معها من هذه الزاوية.

أ) فالملوثات الخطرة وهى كل ما يشكل خطورة على البيئة المائية وثرواتها على صحة الإنسان أو تشكل خطراً على الاستخدامات الطبيعية للمياه فهذه تمنع منعاً باتاً ويجب حظر صرفها نهائياً للمجارى المائية.

ب) ملوثات أقل خطورة من سابقتها ، ويمكن معالجتها قبل السماح بتسربها للبيئة المادية.

ج) ملوثات قليلة الخطر يمكن معالجتها أيضا وبسهولة قبل السماح بتسربها للبيئة المائية.

وقبل سن القوانين والتشريعات الخاصة بمكافحة تلوث المياه يجب أن يسبق ذلك حملة إعلامية وتثقيفية مكثفة تستثمر شغف المواطنين وحماسهم للاستجابة لمتطلبات قوانين حماية البيئة تلقائياً ، وأن يكون نابع منهم ، وبمحض إرادتهم في سبيل مصلحتهم ومصلحة الأجيال

القادمة من بعدهم. خاصة وأننا مطالبون وبشدة بترشيد استهلاكنا من الموارد المائية في مختلف أوجه استخدامها توفيراً للنفقات الاستثمارية والتكاليف الاقتصادية لتوصيل مياه الشرب وتقنين استخدام المياه في الأغراض الزراعية بالوسائل غير التقليدية حفاظا على قطرة الماء ذلك العنصر الإستراتيجي الهام للغاية ، وتكفي نظرة لما حولنا لقارتنا الأفريقية لنرى آثار القحط الذي أصاب أكثر من نصف عدد دولها ، وفي مصر نقصت الموارد المائية ، ويمكن إيجاز تقديرات الموارد المائية السنوية المتاحة لمصر من مواردها المختلفة (مليار م^{٣} / سنة) من خلال الجدول رقم (٧)٠

وتبين العلاقة السكانية في مصر تواصل التناقص في حصة الفرد سنوياً من المياه فبينما كان نصيب الفرد عام ١٩٧٠ قرابة ١٦٥٠ م^{٣} أصبح ١٠٤٧ م^{٣} في عام ١٩٧٩ بنسبة هبوط قدرها ٣٦٪ ، ومن المقدر أن يتواصل هذا التناقص حتى ٥٠٪ عام ٢٠٠٠ ، وإلى ٥٨٪ عام ٢٠١٠ ليكون نصيب الفرد ٨٢٦ ، ٦٩٤م^{٣} على التوالي ، ومن هنا تظهر أهمية إعادة استخدام المياه في إطار مفهوم شامل مؤداه أن نفايات اليوم موارد للغد ، حيث إن إعادة إستخدام المياه يعتبر بمثابة مورد هام للمياه في مصر خاصة بالنسبة لمياه الصرف الزراعى.

جدول رقم (٧) : يوضح الموارد المائية المتاحة حتى عام ٢٠١٠ بجمهورية مصر العربية.

السنوات / الموارد	١٩٧٥	١٩٨٨	١٩٩٢	٢٠٠٠	٢٠١٠
نهر النيل	٥٥,٥	٥٢,٥	٥٢,٠	٥٥,٥	٥٥,٥
أعالي النيل	–	–	–	٢,٠	٣,٥
صرف زراعى	١٢,٢	٤,٦	٦,٥	٦,٥	٦,٥
صرف صحى	–	–	٠,٥	١,٠	١,٥
مياه جوفية	٠,٥	٢,٦	٤,٠	٤,٠	٤,٠
إجمالى	٦٨,٢	٦٠,٠	٦٣,٠	٦٩,٠	٧٢,٠

ولا تقتصر قضية المياه على الكم المتاح لها للاستخدام وإعادة الاستخدام كمورد مائي بل تمتد إلى نوعية المياه التي أصبحت تعانى من مشكلات التلوث وتتعرض الموارد المائية على سبيل الحصر إلى ستة مصنفات من الملوثات هي:

*) ملوثات عضوية لها احتياج عالي من الأكسوجين.
*) مواد تحتوى على نسبة عالية من النترات والفوسفات.
*) مواد سامة مثل المبيدات والمعادن الثقيلة والمواد البترولية.
*) مواد صلبة مترسبة.
*) كائنات حية ممرضة.
*) مواد مشعة.

ويتعرض نهر النيل وفروعه إلى التلوث بالمخلفات الناتجة عن الأنشطة العمرانية والصناعية ، وعلى طول النهر (حوالى ١٢٠٠ كم) يلقى في النهر مخلفات آدمية زراعية وصناعية بالإضافة إلى التلوث الناجم عن النفط النهري. وقد تبين أن هناك حوالى ٧٠٠ مصنع تلقي بمخلفاتها الصناعية في مياه نهر النيل مباشرة دون معالجه ويبلغ مقدار الصرف الصناعي ٤١٥ مليون متر مكعب من الملوثات في السنه. ومما يزيد حدة التلوث في النهر وخاصة في الفروع هو إزدياد معدل سحب المياه من وإلى النهر وانخفاض معدل التصرف في الفروع وبالتالي انخفاض معدل تخفيف المياه للملوثات . أما بالنسبة إلى المياه الجوفية فإن مصادر تلويثها يشمل الآتي:

تسرب مياه المجارى من شبكة الصرف الصحي ، نفاذ مياه سطحية ملوثة إلى مصدر المياه الجوفية ، التخلص من المخلفات الصناعية والاستخدام الزائد للمبيدات والكيماويات الزراعية.

وبمقارنة خواص مياه النيل قبل وبعد إنشاء السد العالي نجد أن هناك ظواهر مؤكدة عن تدهور حالة مياه النيل وأهم هذه الظواهر هو النشاط الطحلبي الذي زاد زيادة كبيرة ($١٠^{٥}-١٠^{٧}$ / لتر) مما يؤدى إلى انخفاض كفاءة المرشحات في عملية تنقية مياه الشرب. كذلك كان له تأثير على الخواص الطبيعية من حيث الطعم والرائحة. ثاني هذه الظواهر هو إرتفاع الأملاح الذائبة بحوالى ٨-١٠٪ نتيجة للبخر وإلقاء مياه الصرف الزراعي والمخلفات السائلة. ثالث ظاهرة هي درجة التلوث العضوى، وتعتبر تركيزات كل من مجموعة النيتروجين والفوسفات والمواد العضوية مقدرة بطريقة BOD , COD ضمن دلائل التلوث الكيميائي ، ورابع هذه الظواهر

هى درجة التلوث البيولوجى ، وقد سجلت الدراسة عداً لبكتيريا القولون ($١٠^{٢}$–$١٠^{٤}$) يفوق الأعداد التي سجلت أيام الفيضان قبل السد ، ومن أهم الملوثات التي تؤثر على نوعية مياه النيل هى المركبات العضوية والتي تتفاعل مع الكلور مسببه ظهور مركبات عضوية غنية بالكلور ، والمبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة ومشتقات البترول وجميعها مركبات كيميائية لها سُمية عالية.

ويستلزم التخطيط الجيد لمراقبة تلوث المياه في منطقة ما على وجود ميزانية مفصلة عن تركيب وحجم جميع الملوثات (مدخلات ومخرجات) أى الكميات التي تدخل في الشبكة، والكميات التي تخرج منها ، وعادة توجد بيانات عن مصادر وكميات مياه الصرف الصحي ولكن لا تتوفر معلومات كافية عن مخلفات مياه الصرف الصناعي من حيث الكمية والنوع. ومن أهم مصادر تلوث المياه في مصر هو الصرف الصناعي والصرف الصحي وسنلقي الضوء بإيجاز علي كل منهما :

(١) مصادر صناعية :

ومن دراسة عن كميات الملوثات التي تلقي في نهر النيل وفروعه بالأقاليم المختلفة في مصر تبين أن الحمل اليومي للملوثات يزداد بزيادة النشاط الصناعي في الأقاليم حيث كانت القاهرة الكبرى والإسكندرية أكثر المناطق تأثرا بالملوثات مثل المعادن الثقيلة والزيوت والشحوم مما يرفع من قيمة استهلاك الاكسجين وبالتالى تدهور الحياة المائية ، كما أن الوجه القبلي

ترتفع فيه نسبة المواد الذائبه نتيجة لتطبيق النشاط الصناعي في المنطقة المعتمدة علي صناعة الورق والسكر جدول رقم (٨).

جدول رقم (٨) : كمية الملوثات التي تلقي من قطاع الصناعة بالاقاليم المختلفة في ج٠م٠ع والكميات مقدرة بالطن/يوم

المحافظات	مواد عضوية C.O.D	استهلاك الاكسجين في الماء C.O.D	زيوت وشحوم	مواد عالقه	مواد ذائبه	معادن ثقيله
القاهرة	٧١	١٢٠	٩٣	٩٧	١٣٥	٧٥ر٠
الاسكندرية	٩١	١٨٦	٤٤	٤٠	٢٤٦	١٣٧ر٠
الوجه البحري	٣٤	٤١	٢٤	٨٦	٢٢٤	٥ر٠
الوجه القبلي	٧٢	٢٤	٥	٦٨	٥٣٢	٢ر٠
محافظات القناة والمدن المائية	٢	٢	٤ر١	٥	٦ر١٤	٠٣ر٠
الاجمالي	٢٧٠	٣٩٤	١٦٨	٢٩٦	١١٥١	٦٢ر١

جامعة الدول العربية ، الادارة العامة للشئون الاقتصادية ، تقرير وتوصيات لجنة تسيير برنامج مكافحة التلوث الصناعي في الوطن العربي ١٩٩٢ .

ويقدر اجمالي كميات مياه الصرف الصناعي والتي يتم التخلص منها بحوالي ٨٠٠ مليون م٣/سنويا ، ويلقى منها ٤٠٠ مليون متر مكعب سنويا في النيل وفروعه (٥٠٪) بينما يتم التخلص من باقي كميات الصرف الصناعي في المصارف الزراعية (٢٥٪) ، والابار الجوفية (١٠٪) ، شبكات الصرف بالمدن (٥٠ر١٢٪) البحار والبحيرات (٥ر٢٪) كما يتضح من جدول رقم (٩)٠

جدول رقم (٩) : كميات مياه الصرف الصناعي وفق نوعية مستقبلات الصرف.

نقاط الصرف	كميات المياه بالمليون م٣/سنة	النسبه من الاجمالي
النيل والترع	٤٠٠	٥٠٪
المصارف الزراعية	٢٠٠	٢٥٪
الابار الجوفيه	٨٠	١٠٪
البحار والمحيطات	٢٠	٥٠ر٢٪
شبكات المدن	١٠٠	٥٠ر١٢٪
الاجمالي المنصرف	٨٠٠	١٠٠٪

جامعة الدول العربية ، الادارة العامة للشئون الاقتصادية تقرير وتوصيات لجنة تسيير برنامج مكافحة التلوث الصناعي والوطن العربي ١٩٩٢ ٠

فعلي سبيل المثال أوضحت احدي الدراسات المتخصصة* عن محطات مياه الشرب الاثنى عشرة الموجودة في القاهرة الكبري ، وتبين أنها جميعا تعاني من عملية الصرف الصناعي غير المنضبط ، وإتضح من الدراسة أن الصناعة لا تلتزم علي الإطلاق بقوانين الصرف السليمة. ففي منطقة حلوان مثلا تصب جميع الصناعات مخلفاتها في النهر ، وفي نقط قريبة جدا من مأخذ المياه لمحطات المعالجة لماء الشرب ، كما أن الطرق التقليدية لتنقية المياه لا تقضي علي الملوثات الصناعية (مثل الهيدروكربونات) والملوثات غير انعضوية والمبيدات الحشرية والمركبات الكيمائية المختلفة ، ومما يزيد تفاقم المشكلة أن الملوثات العضوية تتفاعل مع الكلور المستخدم في تعقيم المياه لتنتج مواد تسبب العديد من الأمراض كالسرطان ٠

* د. إبراهيم البربري ، مجلة التنمية والبيئة ، العدد الخامس ، فبراير ١٩٨٧ ، ص ٣٤.

٣) الصرف الصحي :

تتزايد مشكلة الصرف الصحي في المدن الكبرى حيث تتسع المدينة وتتصل بضواحي المدن الاخرى المجاورة ، ويتكون من الجميع وحدة سكنية بالغة الضخامة ، مثل مدينة القاهرة الكبرى ، ولاشك أن إتساع رقعة المدينة بهذا الشكل الهائل وزيادة تعداد سكانها يلقيان عبئا ثقيلا علي عاتق المسئولين عن عمليات الصرف الصحي والتخلص من النفايات ٠٠ وعند إلقاء مياه الصرف الصحي في المجاري المائية الطبيعية (مثل الأنهار والبحيرات) فإنها تفسد هذه المجاري المائية وتجعلها غير صالحه لحياة مختلف الكائنات ، وذلك لان مياه الصرف الصحي تحمل بين طياتها كثيرا من المواد الضارة ، ومن الطبيعي أنها تجعل مياه هذه المجاري المائية غير صالحه للشرب ٠٠ وقد تستطيع بعض المجاري المائية الكبيرة مقاومة الضرر الناتج من هذه المياه الملوثة مثل البحيرات الكبيرة أو الأنهار سريعة الجريان ، فهي قد تسلك مسلك الأنظمة البيئية المتوازنة مما يجعلها قادرة (في حدود معينة طبعا) علي التخلص من عناصر التلوث بكفاءة معقولة ويمكن لبعض أنواع البكتيريا التي تعيش في مياه هذه الأنهار والبحيرات أن تشترك مع ضوء الشمس ومع غاز الأكسجين الذائب في الماء ، ومع بعض عناصر التحليل الأخرى في التخلص من بعض الشوائب والفضلات العضوية سواء كانت هذه المواد العضوية واردة مع مياه الصرف الصحي، أو ناتجة من موت بعض النباتات والحيوانات التي كانت تعيش في هذه المياه٠٠ وكفاءة هذه المياه الطبيعية في التخلص من الفضلات العضوية والشوائب الأخرى ليست كفاءة مطلقة ، ولكن لها حدودا معينة لا تتعداها ، ويجب علينا دائما أن نأخذ ذلك في الاعتبار

ونحرص علي ألا تتعدى هذه الحدود بحال من الأحوال ولو أن كمية الفضلات التي تلقي في النهر أو في البحيرة زادت علي حد معين لاختل هذا النظام المتوازن ، ولحدث التلوث وبدت آثاره واضحة للعيان ، ويتوقف الزمن الذي تفسد فيه مياه المجرى المائي ، ولا تعود صالحه للاستعمال على عدة عوامل منها:

١) سرعة تيار المياه في المجرى المائي.
٢) كمية الأكسجين الذائب في هذه المياه.
٣) السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتريا تحليل هذه الشوائب والفضلات.
٤) مدي حجم الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المجرى المائي ونوعيتها وهو الأهم.

وعندما تكون المدينة صغيرة الحجم فان مياه الصرف الصحي الناتجة منها تكون قليلة نسبيا ، وإذا كان النهر الذي تلقى فيه هذه المخلفات واسعاً وكبيراً وتتحرك مياهه بسرعة معقولة في اتجاه بعيد عن المدينة ، فان التلوث الناتج من إلقاء هذه المدينة للمخلفات في هذا النهر لن يدوم طويلا، وبعد أن تتحرك مياه النهر لعدة كيلومترات نحو المصب تكون هذه المخلفات قد تم تخفيفها ، وتكون العناصر الطبيعية المختلفة قد تمكنت من التخلص من هذه الفضلات ، وعودة مياه النهر بعد ذلك إلى حالتها الطبيعية، وتحتاج الكائنات الحية البحرية إلى وجود نسبة معينة من غاز الاكسجين الذائب في الماء حتى تستطيع أن تقوم بوظائفها ، ويجب الا تقل هذه النسبة عن أربعة أجزاء في المليون والا ماتت كل الكائنات البحرية التي تعيش في هذه المياه ، ولا يختلف

في ذلك النبات أو الحيوان ، ولذا يجب مراعاة حجم مخلفات الصرف الصحي التي تلقي في المجاري حتي لا تتسبب في تغير نسبة الاكسجين الذائب في الماء ، وذلك لان هذه المخلفات عادة ما تستهلك قدراً كبيراً من هذا الاكسجين ، وقد تستهلك كل الاكسجين الذائب في الماء إذا زادت نسبتها عن حد معين ، وتقضي بذلك علي كل مظاهر الحياة في هذه المجاري ، ويفضل دائما الا تزيد نسبة مياه الصرف الصحي التي تلقى في الانهار علي ١ : ٧٠ أي بنسبة جزء واحد منها لكل سبعين جزءا من مياه النهر إذا لم تكن مياه الصرف الصحي قد سبقت معالجتها ، ويمكن تخفيض هذه النسبة إلى ١: ٤٠ إذا كانت هذه المياه قد تمت معالجتها.

وفي مصر حيث تبلغ مخلفات المجاري المائية سنويا ما يوازي ٤٠٨٨ مليون متر مكعب في السنة ، وتفرز في القاهرة وحدها ٤٧١ مليون متر مكعب منها ، بينما تفرز الإسكندرية ٣٦٥ مليون متر مكعب سنويا ، ويستهلك الإنسان المصري في المتوسط ١٨٠ لتراً في اليوم ، وعادة يقدر ما يفرزه الإنسان المصري من مياه الصرف الصحي بما يوازي ١٨٠ لتراً تقريبا، وفي دراسة علي ٢٠ محطة للصرف الصحي علي مستوى الجمهورية كانت النتيجة أن ٦ محطات منها سيئة جدا ، ٧ محطات تحتاج إلى إحلال وتجديد ، ومحطة واحدة أزيلت فعلا ، ٣ محطات تحت العلاج ، ومحطتان تجري فيهما توسعات ، ومحطة واحدة فقط تعمل بكفاءة في مدينة منوف وذلك في عام ١٩٩١م ، ويوجد في القاهرة وحدها ١٧ محطة لتنقية مياه الشرب إنتاجها اليوم ٣ ملايين متر مكعب في اليوم بمعدل ٢٠٠ لتر للفرد الواحد يوميا ، ٧٥٪ من هذه المياه يتم تنقيتها ، بينما ٢٥٪ من كمية المياه

المستخدمة في الشرب من مصادر أرضية ، وتبلغ كفاءة الحد الأقصى لشبكة الصرف الصحي ٢ مليون متر مكعب يوميا بينما ما ينتج فعلا هو ٣ مليون متر مكعب سوف يرتفع عام ٢٠٠٠م ليصبح ٧٦ر٤ مليون متر مكعب ، وتتسبب مياه المجاري المنتشرة في بعض المناطق في ارتفاع كثافة البعوض الذي أصبح يوجد في جميع أحياء القاهرة سواء الأحياء الراقية أو المتوسطة أو الشعبية والذي أدى إلى كثرة إستخدام المبيدات المنزلية والتي تضر بالصحة العامة للمواطن٠

كما أن معظم قرى مصر لم تدخلها المجاري ولكن دخلتها المياه العذبة ، ولقد صممت ترنشات صرف المجاري في الريف بأن تقوم بترشيح المياه علي أن تبقى المواد العضوية لتتولى الكائنات الحية الدقيقة تحليلها والتخلص منها ، وظلت هذه الترنشات تعمل بكفاءة خاصة في الوجه القبلي ، وبعض القرى الصحراوية حيث مستوى الماء الأرضي منخفض ، إلا أن هذه المشكلة أصبحت خطيرة في الدلتا حيث الماء الأرضي على بعد قد لا يزيد علي ٥٠ سنتيمترا مما يسبب عدم قيام الترنشات بواجبها لدرجة أن مشكلة الصرف الصحي في معظم قري الوجه البحري من المشاكل الهامة ، وأصبحت من أهم مصادر التلوث٠

الطبيعة الكيميائية للمياه العادمه :

أهم المكونات المعدنية لمعظم المياه العادمة أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمنيوم، والكالسيوم، والماغنسيوم، والكلوريد، والنترات، والبيكربونات، والكبريتات، والفوسفات ، والمركبات العضوية المحمولة في

المياه العادمة، غير معروفة جيداً، ويستثنى بعض البحوث عن المبيدات الحشرية ، والمنظفات الصناعية ، وهناك القليل من الدراسات عن المواد الفينولية والأحماض الأمينية والدهنية في مياه الصرف الصحي.

حددت وكالة حماية البيئة الامريكية ١٢٩ ملوثا بمياه الصرف الصناعي تم اختيارها بناء علي معرفة مدى تسببها في الإصابة بالسرطان أو إحداث التشوهات الوراثية أو الأورام أو درجة سميتها الحادة العالية ومن أمثلة هذه الملوثات السائلة مايلي : الزرنيخ والسلينيوم والباريوم والكادميوم والكروم والرصاص والزئبق والفضة والبنزين والمركبات الهالوجينية ومبيدات الأعشاب والطحالب.

وكما نعرف جميعاً تتحرك المادة خلال المحاليل السائلة إما بالتدفق أو بالحمل ، وتتشتت بالانتشار ، وقد تتحلل المادة في أثناء إنتقالها من المصدر إلى المصرف أو المستقبل ، أو يحدث لها تحولات عديدة كيميائية أو طبيعية، أو بيولوجية، ولهذا فلابد من فهم هذه التحولات وطريقة الإنتقال المؤثرة حتى نستطيع تحديد تأثير المواد المحمولة في المياه على البيئة ، ومن المعلومات المتوافرة أمكن الوصول حاليا لوصف رياضي باستخدام الحاسبات الإلكترونية أمكن إستنباط نماذج لوصف كيفية إنتقال الملوثات في المجرى المائي ، ولكن مازالت عمليات التحلل البيولوجية لهذه المواد أثناء الانتقال تسبب بعض التعقيدات حيث تتداخل عمليات التحلل البيولوجية أثناء الانتقال مما يعجز الوصف الرياضي عن التنبؤ به بدقة.

ودراسات كيفية انتقال الملوثات في المجاري المائية في غاية الأهمية حيث نتفهم مصير هذه الملوثات ونستطيع تحديد الكميات التي يمكن صرفها في المجارى المائية ، والأماكن التي يمكن ان تصرف فيها دون إحداث أضرار بيئية.

وتحدث في الأجسام المائية تفاعلات كيميائية بلا توقف عند أسطح الالتقاء بين المياه والرواسب وبين المياه والهواء ، فمثلاً قد تعمل الرواسب الطفيلية وأكسيد المنجنيز والحديد المائية الموجودة في رواسب الأنهار على إزالة الفلزات الثقيلة من المياه ، وقد نشأت حديثاً دراسات توظف معلومات الكيمياء الديناميكية حيث يمكن من دراسات سرعة التفاعل بين الكاتيونات والآنيونات في المحاليل الإلكترونية حيث يمكن التنبؤ بالمركبات السائدة والمترسبة في المياه ، وقد تطورت نماذج الحاسبات الآلية لتعطى صورة كاملة عن الإتزان الكيميائى للمحاليل (مياه سطحية – جوفية).

وتلوث المياه بالمعادن الثقيلة قضية خطيرة من ناحيتين الصحة البيئية وكذلك الدورة الجيوكيميائية لهذه العناصر. ومن الجدير بالذكر أن معظم العناصر النادرة خاصةً العناصر الثقيلة لا توجد في الصورة الذائبة لفترة طويلة في الماء ولكنها تتواجد في صورة معلقات غروية أو تثبت في مادة معدنية أو عضوية. ولهذا فإن تركيزات المعادن في رواسب القاع أو في العوالق الحية Plankton يعتبر كدليل ومؤشر كافي على تلوث المياه. ولتوضيح هذه النقطة نشير إلى بعض الدراسات التي قمنا بها على عينات مأخوذة من بحيرة التمساح (مياه – رواسب – طحالب وهائمات) حيث كان تراكم العناصر الثقيلة في الطحالب أكبر بكثير من محتوى الرواسب ،

والأخيرة أكبر من التركيزات الذائبة في الماء كما نشاهد في جدول رقم (١٠) :

جدول (١٠) : متوسطات بعض المعادن الثقيلة في عينات (ماء - رواسب - هائمات)

العنصر	ماء ميكروجرام / لتر	رواسب ميكروجرام/جم	هائمات مليجرام / جم
كادميوم	٠,١٧	١,١٠	٢,١٨
كوبالت	١,٠٥	٠,٠٩	٥٥,٠٠
كروميوم	٠,٤٨	٧,٣٠	٣٧,٠٠
نحاس	٢,٠٣	١٢,٥٠	٤٦,٠٠
رصاص	١,٨٤	١٥,٤٠	٤٠,٩٠
زنك	٤,٨٦	٤٠,٦٠	٩٤,٥٠

كما لوحظت نفس الخاصية في دراسة عن عينات مياه ترعة الإسماعيلية إذا ماقورنت بعينات الرواسب ونبات ورد النيل كما في جدول (١١)٠ وقد أظهرت الدراسات أن رواسب القاع يمكن أن تعتبر أكبر مستقبل Sink للعناصر الثقيلة التي تلقى في البيئة المائية. كما أوضح المؤلف وآخرون أن نبات ورد النيل يمكن إستخدامه بكفاءة كمؤشر حيوي عن تلوث المجرى المائي ببعض المعادن الثقيلة.

جدول (١١) : متوسطات تركيزات بعض العناصر الثقيلة في عينات (مياه -رواسب ، وعينات ورد النيل) مأخوذة من ترعة الإسماعيلية.

العنصر	ماء ميكروجرام / لتر	رواسب ميكروجرام/ جم	ورد النيل ميكروجرام/ جم
كادميوم	٠,٥٠	٤,٠٠	٠,٣٠
كوبالت	٥,٧٠	١٥,٤٠	١,٨٠
كروميوم	٤,٣٠	٩٠,٤٠	٨,٣٠
نحاس	٣,١٠	٦٢,٤٠	٢٠,٥٠
رصاص	٣,٩٠	١٣٩,٤٠	٦,٨٠
زنك	٥,١٠	١٠٥,٠٣	٣٥,٨٠

أما بالنسبة للعناصر التي تكون مركبات سهلة التطاير مثل البروم واليود فعادة يكون أعلى تركيز لها في المياه السطحية القريبة حيث تتبخر من السطح وفقاً لظروف المناخ فوق سطح الماء ، ومن الجدير بالذكر أن التحولات الميكروبية القلوية لمجموعة المعادن مثل الزئبق والسلينيوم والأرسين ، والأنتيمون والتي تحدث أساساً على أسطح الراسب والجزئيات المعلقة في الماء تؤثر بدرجة كبيرة على حركية هذه العناصر. وسنكتفي في هذا الفصل بالحديث عن الرصاص والزئبق والكادميوم و المبيدات باعتبارهم أكثر الملوثات الناتجة عن الأنشطة الصناعية خطورة على صحة الإنسان.

١- تلوث المياه بالرصاص :

يمثل الرصاص حالة خاصة لمادة كثيرة الانتشار في أجواء المدن وخاصة الكبرى منها كناتج من عادم السيارات ، وبعد غسله بواسطة

الأمطـار يعـود الرصـاص إلى مياه الأنهـار والبحيـرات والبحـار ، كمـا تسـتخدم التكنولوجيا الحديثة الرصاص بكثرة حيث بلغت كميـة إستهلاكه عـام ١٩٦٨ حوالي ٣,٥ مليون طـن ، وأهـم إستخداماته هـي صناعـة إستخراج المعادن والمبيدات والدهانات وصناعة البطاريات التي تستهلك وحدها ثلث الإنتاج العالمي من الرصـاص. وتشير الدراسـات إلـى أن المصانع تقذف سنوياً من الرصاص في البحـار أكثر من ٢٥٠ ألف طن. كما أن كميـة الرصـاص في المياه وخاصـة مياه المحيطـات قد إزدادت خلال السنوات الأخيرة بحيث أن نسبة التجمع قد تضاعفت خمس مـرات في شمال الأطلسي. في الولايات المتحدة الأمريكية أجريت العديد من الدراسات المكثفة عن محتوى مياه الأنهار والبحيرات من الرصـاص ، وعلى المدى الطويل (٢٠ - ٣٠ سنة) ووجد أن فـي ١٣٠ موقـع منتشـر فـي الولايات ، كانت تركيزات الرصاص في الرواسب المعلقـة حوالـي ١٢٠ ميكروجرام / لتر ، وأن متوسط تركيز الرصاص في الرواسب كـان ٢٥ ميكروجرام / لتر (المدى يتراوح بين ٢ - ١٤٠ ميكروجرام / لتر) ، وكـانت أعلى القيم من العينات المأخوذة من نهر أوهايو قرب أحد المجمعـات الصناعية الضخمة ، طبقا للقانون الفيدرالي هناك فان التركيز المسموح بة في المياه العذبة يجب ألا يزيد عن ٥٠ ميكروجرام / لتر . وأشارت هذه الدراسات أن ٢٧ موقع من المواقع تحت الدراسة كانت مخالفة للمواصفات حيث كـانت تركيزات الرصاص في المياه المأخوذة قريباً منها تصل إلى ٧١ ميكروجرام / لتر ، وكانت أهم مصادر التلوث في هذه الحـالات مصـانع تصنيع المعادن والبتروكيماويات وأفران المحـارق وبعض العمليـات الزراعيـة بالإضافـة للمخلفات السائلة لأعمال المناجم.

وفي دراسات على عينات مياه الشرب في الولايات المتحدة أيضا كانت تركيزات الرصاص في أكثر من ٥٣١ عينة حوإلى ١٠ ميكروجرام / لتر ، وفي ٥٠ عينة أخرى كانت نسبة الرصاص تتراوح بين ١٠ – ٢٠ ميكروجرام / لتر ، وفي كلتا الحالتين فإن هذه التركيزات أقل بكثير من التركيز المسموح به. أوضحت بعض التقارير أن نسبة الرصاص في مياه الشرب ببعض المناطق بمصر تصل إلى حوالي ٩ ميكروجرام لكل مائة مليلتر رغم أن أقصى نسبة مسموح بها دوليا هي خمسة ميكروجرامات ٠ وأوضحت التقارير أن تركيزات الرصاص في المياه السطحية للمحيطات تتراوح بين ٠,٢٠ – ٠,٣٥ مليجرام رصاص / لتر أى أكثر ألف مرة من التركيزات في المياه العذبة السطحية ، وهذا يعكس تأثير النشاطات الصناعية والمدنية على البحار والمحيطات ، والتي يبدو أن هذا التأثير الضار في إزدياد مستمر.

٣- تلوث المياه بالزئبق :

يمثل التلوث بالزئبق مشكلة كبرى وقد لقيت اهتماما شديداً نظراً لسميته وقدرته على التراكم في الأنسجة الحية وتكوين مركبات عضوية وتغيير الصور التي يوجد عليها في البيئة (عضوي – معدني) مما يؤدى إلى سهولة حركته وتدخله في سلسلة الغذاء حتى ولو كان بكميات صغيرة فمثلاً في بعض المنشآت الصناعية التي تستخدم طرق التحليل الكهربائي وتوجد في خلاياها الكهربائية أقطاب من الزئبق (مثل المصانع التي تنتج هيدروكسيد الصوديوم وغاز الكلور) تحتوى مخلفاتها على قدر ضئيل من فلز الزئبق الذي يتسرب من خلايا التحليل الكهربائي إلى مياه الصرف

وعند تحليل مياه الصرف وجد أنها تحتوى على ما يكافئ نحو عشرة كيلوجرامات من الزئبق في الأسبوع أى أكثر من نصف طن سنوياً. وقد يقول البعض أن هذه الكمية قد يتم تخفيفها في مياه النهر ثم يعاد تخفيفها مرة أخرى إذا وصلت المياه إلى البحر أو المحيط إلا أنه وجد أن المواد العالقة بالماء وبعض الشوائب الأخرى التي لا تذوب في الماء لا تتأثر كثيراً بهذا التخفيف بل تبقى محتفظة بتركيز أكبر من الزئبق ، ونظراً لأن الأسماك تتغذى دائماً على الجسيمات والمواد العالقة بالماء فإن الأسماك والكائنات البحرية الأخرى سوف يتراكم الزئبق في أجسامها بنسبة عالية قد تصل إلى خمسة آلاف ضعف التركيز في الماء. فمثلاً وجد أن الأسماك التي تعيش في بحيرة ليمان بسويسرا تحتوى على نسبة عالية من الزئبق تفوق النسبة المسموح بها دولياً وتقوم الأسماك بتخزين الزئبق الذي يرتبط ببروتينات الجسم على هيئة مركب عضوي يعرف بثنائى فينيل الزئبق. ومن الجدير بالذكر أن المناطق البعيدة عن العمران (مثل القطب الشمالى) ظهر بها مظاهر التلوث بالزئبق بالرغم من بعدها عن المناطق الصناعية حيث وجد تراكم الزئبق في أجسام الدب القطبى وطائر البنجوين بالرغم من أنها حيوانات تعيش في القطب الشمالى ولا تغادرها على الإطلاق وتفسير هذه الظاهرة أن الزئبق ينتقل خلال سلسلة الغذاء حيث تقوم الطحالب بامتصاص الزئبق من الماء ثم تتغذى القشريات على الطحالب ثم تتغذى الأسماك عليها وفي النهاية يتغذى الدب القطبى أو طائر البنجوين على الأسماك وفي كل حلقة من حلقات سلسلة الغذاء يزداد تركيز الزئبق.

إن من أشهر أحداث تلوث المياه وأبعثها على الأسى هو حادث خليج ميناماتا في اليابان حيث أصيب ١١١ شخص (توفي منهم ٤٦ شخص) بتسمم خطير وعاهات مستديمة عند تناولهم أسماك تم صيدها من الخليج ، وعند دراسة هذه الحادثة وجد أن مصنع للبلاستيك إعتاد أن يلقى بمخلفات المياه المحتوية على نسبة من الزئبق في مياه الخليج وقت وقوع الحادث يتراوح بين ١,٦ - ٣,٦ جزء في البليون في حين أن التركيز الطبيعى لمياه البحار قدر بحوالي ٠,١ جزء في البليون ، وبدراسة تركيزات الزئبق في العوالق الحية في هذه المياه وجد أنها بلغت ٣,٥ - ١٩,٠ جزء / مليون ، وبلغت في طمي القاع حوالي ٢٢ - ٥٩ جزء / مليون ، وظهر التراكم الخطير للزئبق في أنسجة الأسماك على تركيزات بلغت ٥٠٠,٠٠٠ مرة معدله في مياه البحر (٣٠ - ١٢٠ جزء/ مليون للوزن الرطب) ، وأظهرت تحاليل عينات من أنسجة الكلى والكبد والمخ للضحايا احتواء أجسامهم على ١,٦ جزء / مليون ، ٤٢ جزء / مليون ، ٢١ جزء / مليون على أساس الوزن الرطب لعينات الكلى والكبد والمخ على التوالي ، وهذه التركيزات العالية بالمقارنة بالتركيزات في الإنسان العادي (١ ، ٣ ، ٠ر١ جزء / مليون) توضح التأثير الخطير للتراكم البيولوجي داخل الكائنات الحية وهذا التراكم يتضاعف حتى يصل الإنسان فتتراكم في أنسجته وتؤدى إلى هلاكه.

وإذا علمنا أن الإنتاج العالمى من الزئبق يفوق العشرة آلاف طن سنوياً، وتلقى الصناعات الأمريكية وحدها بأكثر من ٥٠ طن من الزئبق سنوياً في المياه في حين تلقى الصناعات الفرنسية أكثر من ٥٠ طن وقد أكتشف الباحثون الفرنسيون أوائل الثمانينات أن تركيز الزئبق في أنسجة

بعض أجناس الأسماك والقشريات والمصطادة على بعد عشر كيلومترات من الشاطئ الفرنسي قد ذادت عن الحد المسموح به كما ظهر في تحليلات عينات عشوائية من سمك التونة المعلب أن ٢٣٪ من العينات يحتوى على تركيزا من الزئبق أكثر من ٠,٥ جزء/ مليون.

وفي دراسة للهيئة العامة للتصنيع أوضحت النتائج عدم التزام بعض المنشآت الصناعية بالمعايير التي نص عليها القانون ٤٨ لسنة ٨٢ لمواصفات المياه المصروفة علي مجري مياه عذب وقد أدى ذلك إلى ارتفاع معدلات التلوث خاصة بالعناصر الثقيلة في مياه نهر النيل علي النحو التالي :

أ) إرتفاع التلوث بالزئبق في مياه نهر النيل بالوجه القبلي نتيجة لصرف مخلفات الصناعة بشركتي كيما والسكر والتقطير٠

ب) إرتفاع التلوث بالرصاص في مياه نهر النيل بالوجه القبلي نتيجة لصرف المصانع كما ترتفع نسبة التلوث في القاهرة الكبري نتيجة صرف مخلفات شركة أبو زعبل وسكر الحوامدية٠

ج) إرتفاع التلوث بباقي المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والكروم والنحاس والنيكل في كل من الوجه القبلي والقاهرة الكبرى بمعدلات تفوق المعايير المحدد بالقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ كما يوضح جدول رقم (١٢)٠

كما تعد البحيرات الشمالية في مصر والتي استخدمت منذ عام ١٩١٣ كمصبات للمصارف الزراعية الرئيسية ومع مرور الزمن استخدمت كمصبات لشبكات الصرف الصحي وهي تعد أحد المناطق البحرية شديدة التلوث نتيجة

للتراكم المستمر للملوثات وتعتبر بحيرة مربوط والمنزلة من اكثر بحيرات العالم تلوثا ونظراً للتركيز الشديد للملوثات في البحيرة فإن إستهلاك أسماكها يشكل خطورة عالية وسبب مباشر للإصابة بأمراض الفشل الكلوي حيث بلغ تركيز الزئبق في الأسماك ١٢٩٥ جزء / مليون في حين أن الحد الأقصى المسموح به هو جزء واحد / مليون ٠

جدول رقم (١٢) : قياسات المعادن الثقيلة في نهر النيل وفروعه

المحافظات	المعادن الثقيلة	زنبق	رصاص	كادميوم	كروم	نحاس	نيكل
القاهرة	٣٧٤ر٥٧	٥ر٢٧	٧٣ر٥٢	٦٣ر٩٦	٣٨ر٠٨	١٨٨ر٠٨	٥ر٦٥
الاسكندرية	٧ر٩٥	-	٠ر٨١	٠ر٨٢	٣ر٨٠	١ر٠٢	١ر٥٠
الوجه البحري	٢١ر٠٢	٠ر٢٤	١٢ر٥٢	١ر٠١	٠ر٣٥	٦ر٩	-
الوجه القبلي	١٠٨٣	١٥	٢٤١	٦٤	١١٠	٦٥٣	-
مدن القناة	٠ر٧٤	٠ر٠١	٠ر٣	٠ر٠٣	٠ر١	٠ر٣	-

المصدر : الهيئة العامة للتصنيع ، دراسة تأثير الصناعة علي البيئة في ج٠م٠ع

٣- تلوث المياه بالكادميوم:

تتلقى مياه البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات كميات كبيرة من المعادن المختلفة فالتقديرات الأولية تدل على أنه يقذف في البحار سنوياً أكثر من ألف طن كادميوم وأكثر من ٣٠٠ طن من النحاس وغيره من المعادن الأخرى ، ويستعمل الكادميوم في صناعة الزنك والصبغات والمواد البلاستيكية والدهانات.

يبلغ متوسط تركيز الكادميوم في مياه الأنهار والبحيرات حوالى ٩,٥ ميكروجرام / لتر في الولايات المتحدة الأمريكية حيث كانت أقل قيمة في أنهار المسيسيبى وتنسى وميوزورى ، وأعلى قيمة (٥٠ ميكروجرام / لتر) كما في بحيرة إيري والتي تعتبر مثال حي حين لا نوظف المعرفة التي لدينا في كبح جماح التلوث.

وفي مسح صحي على مياه الشرب وجد أن أعلى تركيز في مياه الشرب كان ١١,٢ ميكروجرام / لتر وأقلها كان ٠,١٢ ميكروجرام / لتر ، إلا أنه عندما يكون مصدر مياه الشرب هو المياه الجوفية فإن تركيز الكادميوم يكون عادة أعلى. ويقدر تركيزات الكادميوم في مياه البحار بين ٠,٠٧٥ إلى ٠,٣٢٠ ميكروجرام / لتر.

وأوضحت الإحصائيات أنه يصب سنوياً في الأنهار حوالي ١٦٠ كم^{3} من المياه الصناعية بالإضافة إلى فضلات ومخلفات مياه المجاري والمياه العادمة ، وتقدر بحوالي ٤٧٠ كم^{3} ، والتي تلوث مياه الأنهار والبحيرات والمحيطات ، وبسبب زيادة كمية المياه الملوثة التي ستجد طريقها إلى المسطحات المائية حيث ستصل إلى حوالي ٦٠٠٠ كم^{3} سنويا ، وهذا يعنى أنه إذا بقيت الطرق الحالية من إستخدام المياه والتخلص منها بالقذف في الأنهار والبحيرات والمحيطات هى السائدة في المستقبل فإن العالم سيقبل على أزمة مياه نقية صالحة للشرب أو الإستعمال ، ولذلك فلابد من التفكير الجدى والسريع في الإقتصاد في إستهلاك المياه ، ويجب إعادة إستعمال المياه العادمة بعد معالجتها وعدم تلويث المسطحات المائية ، ولابد من تحويل كافة الصناعات إلى

صناعات ذات حلقة مغلقة بحيث لا تصب مياهها في المسطحات المائية على الإطلاق.

تلوث المياه ببقايا المبيدات :

تتلوث المياه السطحية والجوفية بالمبيدات أو مشتقاتها إما مباشرة بواسطة الرش الهوائي وإما بالجريان السطحي فوق أرض ملوثة أو بسريان المبيدات خلال التربة المعاملة إلى المياه الجوفية ، ومن العسير تحديد الكميات التي توجد بها المبيدات في المياه السطحية أو الجوفية لأنها توجد عادة بتركيزات أقل من جزء في البليون مما يشكل صعوبات في تحليل هذه المياه والكشف عن آثار المبيدات بها ، وعادة لابد من استخلاص المبيد من الماء بمذيب عضوي ثم تبخيره لتركيز المبيد ولما كانت المبيدات الموجودة في الماء موجودة علي صور عديدة " حرة – مدمصة – مرتبطة " فانه من المتوقع إستخلاص جزء فقط ، وهناك العديد من مشاكل التحليل بإستخدام التحليل الكروماتوجرافي خاصة في وجود مواد عضوية دخيلة مما قد يتسبب في الحصول علي نتائج غير حقيقية مرتفعة ، ولكن التقنيات الحديثة مرتفعة التكاليف أمكنها التخلص من العديد من هذه المشاكل والحصول علي نتائج أدق وأكثر حساسية وتحتوي النشرات العلمية علي تقارير كثيرة عن بقايا المبيدات في الماء حيث أوضحت أن معظم المياه السطحية في الولايات المتحدة تحتوي علي مبيدات حشرية من فصيلة الهيدروكربونات المكلورة وأنواع من مبيدات الاعشاب مثل ال 2 , 4-D ومعظم هذه المركبات تكون مستقرة للغاية في التربة وقد تترسب في النهاية إلى المياه السطحية والجوفية واستخدمت هذه المبيدات في السنوات الأخيرة بكميات تؤكد أن أثار منها ستوجد في الماء لعدة

سنوات قادمة حتى ولو أوقف استخدامها تماما في الوقت الحاضر ٠

فعندما يصل المبيد للماء يصبح قابلا للتوزيع خلال مكونات النظام الموجود فيه ، حيث يتأثر بالعمليات التي تؤدي لانتقاله وإنهياره وتوزيعه٠ وعند الكلام عن توزيع المبيدات في الماء لابد أن تؤخذ في الإعتبار معدلات ذوبانها في الماء ، والتي تختلف من مركب لآخر ، وبعض المبيدات ، مثل : النوفاكرون ، يمتزج تماما مع الماء ، ولكن جميع المبيدات – وبدون إستثناء – يجب أن تتحقق لها كفاءة ودرجة معينة من الذوبان في الليبيدات ، حتى يمكنها النفاذ داخل أجسام الحيوانات والنباتات ، ويتخذ معيار التوزيع بين الاوكتانول والماء كمعيار لتحديد مدي سلوك المبيد الكيميائي في الوسط المائي ، وهذا العامل في غاية الأهمية ، خاصة مع المبيدات المجهزة علي صورة محببات " حشرية – نيماتودية – فطرية ٠٠ الخ " ، حيث يتحدد علي أساسها معدل الانفراد في الماء ، وبذلك تتحدد الكميات الحرة التي تؤثر علي الآفات المستهدفة بعد فترة تلامس معينة في الماء٠

ومن التجارب الرائدة تلك التي أجراها Elgar ونشرت عام ١٩٨٤ ، حيث تم رش مبيد السيبرمثرين بتركيز عال علي السطح المكشوف لاحدى البرك ، ولقد اتضح توزيع المبيد خلال ١-٢٤ ساعة بعد المعاملة في هذا النظام ، ولقد وجدت أكبر كمية علي سطح الماء (٢٤ مليجرام) وعلي سطح النباتات المائية (٦-١٣ مليجرام) ، بينما وجد في مياه الأعماق ٤ر١ ميكروجرام فقط بعد ٢٤ ساعة ، ولم تصل المبيدات لطين القاع والأسماك إلا بعد ٢٤ ساعة من المعاملة ، حيث وصلت إلى ٢ر٥ ، ٥٠ ميكروجرام علي التوالي. ولدراسة أثر تلوث الماء على الأحياء التي تعيش فيها عوملت المياه

العادية ومياه البرك بمبيد السيبرمثرين بمعدل ٥ ميكروجرام ، ثم وضعت فيها الأسماك وتركت لمدة ٧ أيام ، ولقد أظهرت النتائج موت جميع الأسماك في المياه العادية ، بينما لم تحدث وفيات في حالة مياه البرك ، وهذا الاختلاف يرجع للاختلاف في معدل الذوبان في هذين الوسطين ، لان وجود المواد المعلقة في الماء يقلل من الذوبان ٠

وقد أجرى قسم بحوث متبقيات المبيدات في المعمل المركزي حصرا لتلوث مياه النيل والمصارف بالمبيدات الكلورونية عام ١٩٩١ حيث وجدوا أن التلوث بمتبقيات المبيدات الكلورينية في مياه النيل يزيد كلما إتجهنا من أسوان إلى قناطر الدلتا ويمكن ترتيب المبيدات الملوثة للمصارف والنيل تنازليا كمايلي :

DDT ومشتقاته < BMC ونظائره > الهباكلوايوكسيد > الدرين

ولتأكيد خطورة تلوث المياه بالمبيدات في حوض وادي النيل وإنعكاسه علي تسمم الأسماك يكتفي أن نشير للوضع الحالي في بحيرة المنزلة والبرلس ومريوط بمصر ٠

الاثر الضار لتلوث المياه بالمعادن الثقيلة والمبيدات :

جدول (١٣) يوضح الأعراض والظواهر المرضية التي قد تصيب الإنسان لنتيجة لتلوث مياه الشرب بالمعادن الثقيلة٠

قد تصل بقايا المبيدات إلى الإنسان مباشرة من خلال مياه الشرب إلا أن تركيزاتها في معظم الحالات تقل بكثير عن المستوي الذي يؤثر بالسمية

المباشرة وإنما يبدو بأن الاستهلاك علي المدى الطويل يمكن أن يساهم في الأمراض السرطانية. وتمثل مخلفات المبيدات في مياه الشرب مشكلة خطيرة بالنسبة لصحة الإنسان ، ويحدث التلوث من جراء التسرب من المساحات المعاملة بالمبيدات مع حركة الماء ، ومن حسن الحظ أن الحساسية العالية للأسماك لمعظم المبيدات المستخدمة في مكافحة الآفات تعطي مؤشرا دقيقا وواقعيا عن حالة تلوث المجاري المائية الموجودة بها ، وعلي سبيل المثال فان الاندرين والتوكسافين يحدثان سمية للأسماك بتركيزات ضئيلة جدا " جزء واحد في البليون " ، ومن ثم يمكن الكشف عن مخلفات المبيدات حيويا باستخدام الأسماك كحيوانات تجارب ، ولا تمثل المبيدات التابعة للمجموعة الفوسفورية أو الكاربامات مشكلة كبيرة في هذا الخصوص لسرعة تحللها المائي ؟ كما في حالة السيفين والجوثيون وغيرهما ، وتعتبر التربة ومحتواها المائي كمصيدة للمبيدات وتخفيف التركيزات الموجودة ، ومن ثم تقليل ما يصل للنباتات المزروعة فيها ، ومن المؤسف أن عمليات التنقية التي تجري للمياه حتى تصبح صالحة للشرب لا تخلصها من مخلفات المبيدات خاصة من المجموعة الكلورينية ، وتوجد بقايا المبيدات في المياه في حدود ٠٠١ر٠ جزء في المليون ، ويشرب الإنسان يوميا حوالي ٢ لتر ماء يحتويان علي ٠٠٢ر٠ مللجم من بقايا المبيد ، وهذه الكمية وبناء علي المعلومات المتاحة عن السمية - لا تحدث ضررا علي المستوي الحاد أو تحت الحاد لمعايير السمية .

ويرجع الخطر الرئيسي لبقايا مبيدات الهيدروكربون المكلور إلى تراكمها في سلسلة الغذاء فان د.د.ت الموجود في مياه بحيرة مثلا يمكن أن تمتصه العوالق النباتية والحيوانية انتقائيا ، وهذه بدورها تأكلها الأسماك ،

وفي أثناء ذلك يزداد تركيز بقايا المبيدات من مرحلة إلى أخرى هذا التراكم والتركيز يمكن أن يتخذ أبعاد هائلة في كل حلقة من سلسلة الكائنات الحية التي تتغذي علي بعضها البعض ، وقد أشارت بعض البحوث أن لكل جزء من البليون تحتويه مياه المصبات الخليجية يحتوي البلانكتون الذي يعيش فيها علي ٧٠ جزء من البليون ولحوم الأسماك علي ١٥ جزءا من المليون ودهون خنزير البحر علي ٨٠٠ جزء من المليون ويتفاقم الأمر في حالة طيور البحر التي لا تتغذي إلا علي الأسماك ، وخلال هذه الحلقات المتواصلة خلال ما يسمي بالتغذية الارتدادية يتعاظم الخطر وتنقرض أصناف من الحيوانات وتظهر أثار معاكسة علي صحة الإنسان ، وهناك تقدير عالمي بأن ٨٠-٩٠ ٪ من حالات الاصابة بالسرطان إنما تعود إلى البيئة ، وفي مقارنة بين تلوث الأسماك بالمبيدات والتي تم صيدها من قناة المحمودية وقناة الغيط ثم من النيل أمام المنصورة وأسيوط وفارسكور والقاهرة وأسوان ، وقد أوضحت النتائج أن أسماك قناة المحمودية كانت أشد تلوثا ببقايا المبيدات نظرا لتلوث نهايات هذه الترعة بمخلفات الصرف الزراعي والصناعي سويا ، ومن المؤشرات الخطيرة ما تشير به إحصائيات منظمة الصحة العالمية إلى تسمم حوالي ٥٠٠ ألف شخص ووفاة ٥ آلاف شخص بسبب المبيدات سنويا ، وان هذه المعدلات في ارتفاع متزايد٠



تلوث بحيرة المنزلة بمياه الصرف الصحي والصناعي

جدول رقم (١٣) :الاعراض المرضية التي تصيب الإنسان نتيجة تلوث مياه الشرب

الاعراض	Pb	Hg	Cd	As	Zn	Cu	Cr	Ni
السرطان	•			•			•	•
تليف الكبد						•		
التهاب الكلية	•	•	•					
الام البطن	•	•		•				
انيميا	•	•		•	•			
صداع	•	•	•	•				
قيء وغثيان	•	•	•	•		•		•
التعب	•	•		•				
لين عظام			•					

تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي واعادة استخدامها للاغراض الزراعية :

أن ندرة الموارد المائية العذبة ليست مشكلة محصورة بمنطقة معينة ولكنها أصبحت مشكله عالميه سوف تفرض نفسها في القرن الحادي والعشرون الذي سوف يشهد بروز مشكلة الماء في دول الشرق الأوسط قاطبة ٠ فالماء عنصر مهم في مجالات التنمية الزراعية والصناعية وهو يفوق في أهميته الاستراتيجية أهمية أي عنصر طبيعي آخر إذ أن وجوده أو انعدامه يعني ببساطة الحياة أو الموت ٠ ومن الحقائق المذهلة أن مياه البحر والمحيطات تشكل ٩٧٫٥ ٪ من مجموع المياه فوق سطح الأرض وأن المياه

العذبة تشكل فقط ٥ر٢ ٪ وأن اكثر من نصف كمية المياه العذبة مركز بالقطبين الشمالي والجنوبي وبالتالي فأن المستثمر عمليا لكل مظاهر الحياة التي نعرفها اقل من ١٪ من مجموع المياه المتاحة وللتعبير عن هذه الكمية بالأرقام لا بالنسب فإنها كمية من المياه العذبة لا تتجاوز خمسة آلاف كيلو متر مكعب ، والغريب انه رغم التباين الصارخ ما بين كمية المياه المالحة وكمية المياه العذبة (المتمثلة أساسا في مياه الأمطار والأنهار والبحيرات وبعض المياه الجوفية)٠ ورغم تعاظم أزمة شح المياه العذبة وبلوغها حدا حرجا فلا يكاد يكون هناك جهد يبذل علي وجه الإطلاق من اجل إنجاز علمي تكنولوجي كبير يكفل علي صعيد العالم تحلية مياه البحر أو معالجة المياه العادمة وإعادة استخدامها بتكلفة اقتصادية٠ ومن الغريب أن الإنسان يبحث عن الماء علي سطح القمر والكواكب الأخرى ومع ذلك فليس هناك جهد يتناسب مع دلالة هذه الحقائق لزيادة نسبة المياه العذبة علي سطح كوكبنا. إن الحاجة ماسة لترشيد استخدام المتاح من المياه مع إعادة استعمال المياه العادمة مثل مياه الصرف الصحي والصناعي٠ ويتوقف نجاح إعادة استخدام المياه علي مجموعة من المعايير والضوابط البيئية والزراعية ترتبط بطبيعة هذه المياه والهدف من إعادة استخدامها والذي يجب أن يجري في اطار يكفل حماية البيئة والأفراد مع الآخذ في الاعتبار الموقف الاقتصادي ، ولا يخفي علينا أنه يجب متابعة الآثار البيئية لاعادة استخدام هذه المياه علي مكونات المنظومة البيئية وذلك من خلال وضع برامج متكاملة للرصد البيئي للملوثات والآثار الزراعية علي الأرض والمحاصيل الناتجة٠

لقد ازداد في السنوات الأخيرة الاهتمام بمعالجة مياه الصرف وذلك نظرا للزيادة المستمرة في معدلات استهلاك المياه والتي ترتبط بزيادة السكان

والتقدم الصناعي وارتفاع مستوي المعيشة والرفاهية وزيادة استخدام المنظفات والمواد الكيميائية المختلفة والتي يصرف اغلبها مع مخلفات الصرف الصحي مما يجعل من المخلفات السائلة مشكلة كبيرة تتفاقم آثارها عاما بعد آخر ويؤدي عدم الكفاءة في إدارة مشاريع معالجة هذه المخلفات إلى العديد من المشكلات سواء نقل الأمراض مثل الكوليرا والتيفود والحميات وتلويث المياه الجوفية والتربة الزراعية بالإضافة لتلوث المسطحات المائية وما ينتج عنه من تأثيرات سلبية علي الثروة السمكية والإخلال الخطير بالتوازن البيئي للكائنات الحية (اسماك – حيوانات – طيور ٠٠الخ)٠

ولهذا تخلصت معظم دول العالم من الأسلوب القديم الذي كان يتبع في العصور السابقة بالتخلص من النفايات السائلة في الأنهار أو البحيرات أو البحار واتجهت إلى التخطيط السليم لاعادة استعمالها بعد معالجتها إلى درجة كافية تحول دون الضرر من استعمالها٠ وفي الوطن العربي الذي تفتقر معظم اقطاره إلى مصادر مائية ثابتة اصبحت هذه القضية امرا ملحا خاصة مع الزيادة المستمرة علي الطلب علي المياه بسبب التطور الزراعي والصناعي والسكاني٠ ويمكن الاستفادة من التقدم في الكيمياء التحليلية والاجهزة ذات الحساسيات العالية في القياس ذات الاهمية البالغة في بحوث تلوث المياه والحصر البيئي والرقابة المستديمة ، لانه من الواضح أن الحاجة لقياس اثار الملوثات مستمرة مثل قياس التركيزات المنخفضة لمركبات الفوسفور والصور المختلفة للمركبات الازوتيه والفلزات بأثار ضئيلة، ومن المطلوب وسائل تكنولوجية يمكن استعمالها مع المياه المعكرة ذات الملوحة العالية والمتغيرة المحتوية علي مواد كثيرة بتركيزات تزيد كثيراً عما هو موجود في المحيطات المفتوحه٠ ويتطلب الامر اقامة العديد من محطات

القياس مثل قياس الاكسجين الذائب والرقم الهيدروجيني والكلوريد والفلوريد والعكارة وحالة الاكسدة والاختزال والاشعاع الشمسي ، ويجب توسيع مجال المراقبة الاوتوماتيه بحيث تشمل الكبريتات والفينولات والحديد والمنجنيز والكالسيوم والمغنسيوم والايونات الاخري علاوة علي الكربون العضوي بالاضافة لمراقبة الكائنات الدقيقة٠

والمراقبة المتواصلة مرتفعة التكاليف نسبيا والاجهزة الحالية تقيس عادة خصائص جودة المياه أكثر من قياسها لملوثات معينة ولهذا فستظل هذه الطرق مكمله فحسب لطرق تحليل العينات في المعمل ولاتحل محلها٠ وهناك إحتياج عام إلى التوحيد القياسي لطرق الكيمائية للتحليل ويلزم بذل جهود قوية لتقويم وتحسين طرق التحليل المستخدمة بحيث تكون حساسة وأكثر دقة للوصول إلى طرق نحصل منها علي نفس النتائج لمعامل مختلفة وكيميائيون مختلفون٠

تتكون المخلفات السائلة من مياه الفضلات البشرية والمياه المستعملة في الغسيل ومياه المخلفات الصناعية وتتكون هذه المخلفات من ٩ر٩٩٪ ماء و ٠١ر٠٪ من مواد صلبة بعضها ذائب وبعضها معلق كما أن بعضها مواد عضوية وبعضها الاخر مواد غير عضوية وتختلف شبكات معالجة المياه في مكان ما بإختلاف المياه العادمة وبعض العوامل المحلية ولكن الملوثات المطلوب ازالتها عموما تقع في أربع مجموعات :

(١) مواد صلبه معلقه
(٢) مركبات عضوية ذائبة
(٣) مركبات غير عضوية ذائبة
(٤) مغذيات النبات (الازوت والفوسفور)

وطرق المعالجة الحديثة يجب أن تأخذ كذلك في الاعتبار التخلص النهائي من الموادالملوثه المُزالة من المياه علاوه على البكتريا والفيروسات في المياه الناتجه.

معالجة مياه المجاري :

يجب أن تستخدم طرق رخيصة وفعالة لمعالجة مياه المجاري قبل تصريفها في المياه المستقبله لها أو إعادة إستخدامها. والغرض من معالجة مياه المجاري هو أساسا الاقلال من كميات المواد الصلبة المعلقة ، والقضاء علي البكتريا المرضية والمواد المستهلكه للاكسجين في المياه العادمه. وبالرغم من تطور تقنيات معاملة المياه العادمة الا أنه مازالت هناك حاجة ملحة إلى طرق تزيل كميات أكبر من الملوثات كالمواد غير العضويه المذابه (مثلا أملاح المعادن الثقيله وأملاح الصوديوم والمنجنيز ٠٠ الخ) ٠

وتبدأ معالجة المياه العادمة بإزالة المواد الصلبه الكبيرة والدقيقة والريم المتجمع ثم ترسيب المواد الصلبه القابلة للترسيب في هيئة حمأة أولية وتوجه المياه العادمة الرائقة إلى المعالجة الثانوية وتقوم الكائنات الدقيقة في هذه المرحلة بعمليات متحكم فيها للهضم والتحليل تؤدي إلى تكسر المواد

العضوية. وفي طريقة الحمأة المنشطة وهي طريقة شائعة الاستخدام في المعالجة الثانوية حيث يجري تهوية المياه العادمة لامداد الكائنات الدقيقة بالاكسجين وتزال المواد الصلبه أو الحمأة المنشطة المتكونه بواسطة الترسيب وتصرف المياه المروقة بعد ذلك إلى مصارف المياه المستقبله لاعادة إستخدامها ثانيا انظر الشكل (٢)٠

(أ) معالجه أوليه : ويشمل الفصل إستعمال الحصي ، التصفيه ، الطحن والترسيب٠

١) المصافي Screens : التي تقوم بحجز المواد الطافيه كبيرة الحجم حيث يتم التخلص منها بالتجفيف والحرق أو الردم٠

٢) أحواض حجز الرمل Grit Chambers : والغرض منها ترسيب المواد غير العضوية إلى قاع الاحواض مثل حبيبات التربة والرمال والشوائب والزيوت وتمرر مياه المخلفات السائلة في أحواض ترسيب رملية بسرعة مناسبه حيث تترسب المواد العالقه أما المواد الذائبه فتظل في الماء٠

٣) أحواض الترسيب الابتدائي Primary Settling Tanks: والغرض من هذه المرحله تحسين خواص المخلفات السائلة وتهيئتها لمرحلة المعالجة البيولوجية ويتم في أحواض الترسيب الابتدائي ترسيب المواد سواء كانت عضوية أو غير عضوية ونتيجة لذلك تنخفض المواد العالقة بنسبة تصل إلى ٥٥٪ من التركيز الموجود في مياه المجاري قبل معالجتها كما ينخفض الاكسجين الحيوي المستهلك بنسبة تصل إلى٤٠٪ ومن أجل ترسيب هذه المواد تمرر مياه

المخلفات السائلة في أحواض الترسيب الابتدائي بسرعة ٣٠ سم/دقيقة وبهذا تترسب معظم المواد العضوية العالقة إلى قاع الحوض حيث تزال منه علي فترات (مرتين أو أكثر في اليوم) هذا وقد تستعمل في بعض الاحيان المواد الكيمائية لزيادة فعالية الترسيب٠

(ب) معالجة ثانوية أو المعالجة البيولوجية : الاكسده البيولوجية بإستخدام وسائل كالمرشح النضافي والحمأة المنشطة المتحكم فيها في عمليات الهضم والتحلل التي تحدث في الطبيعة٠

وتعتمد المعالجة البيولوجية علي نشاط البكتريا الهوائية في وحدات المعالجة البيولوجية التي يتم فيها أكسدة المواد العضوية في مياه المخلفات وتستخدم في المعالجة البيولوجية أما المرشحات البيولوجية Trickling Filters أو أحواض التهوية (عملية الحمأة النشطه Activated sludge) وذلك بعد خروج الماء من أحواض الترسيب الابتدائي٠

١) المرشحات البيولوجية :

وتتكون وحدات المرشحات البيولوجية من أحواض ذات جدران وقاع غير منفذه دائرية أو مربعه الشكل مملوءه بالحصى حيث يتم توزيع مياه المجاري (بعد خروجها من حوض الترسيب الابتدائي) بواسطة مواسير مثقبة تدور بسرعة محددة وأثناء دورنها تندفع المياه من الثقوب وتسقط علي سطح المرشحات وتتخلل فجوات الحصى مكونة طبقة شبه هلامية على سطح الحصى حيث تحتوي هذه الطبقة الهلامية علي ملايين البكتريا والكائنات الدقيقة التي تقوم بإمتصاص الاكسجين (الموجود في الهواء الذي تخلل مسام

الحصي) لتؤكسد المواد العضوية وبين فترات وأخرى تفقد المواد الهلامية قدرتها علي الالتصاق بحبيبات الحصي وتندفع مع الماء مما يستوجب إستعمال احواض ترسيب ثانوية Secondary Settling Tanks تلي المرشحات لحجز هذه المواد.

٢)عملية الحمأة المنشطة (أو أحواض التهوية) :

وتعتمد هذه العملية علي تنشيط الكائنات الحية الدقيقة ، اذ تتم بتهوية وتقليب المخلفات السائله بعد مرورها في أحواض الترسيب الابتدائي وبعد خلطها بنسبه معينة من الحمأة التي سبق تنشيطها والتي تحتوي علي أعداد كبيرة من البكتريا والكائنات الدقيقة حيث تنشط وتقوم بأكسدة المواد العضوية كما أن التقليب المستمر يساعد علي تخثر المواد العالقة وتجميعها في كتل كبيره نسبيا يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب الثانوية التي تتلقي المياه الخارجه من أحواض التهوية. ومن الحقائق الهامة أن تداول الحمأة والتخلص منها يتكلف من ٢٥ إلى ٥٠٪ من إجمالي رأس المال والمصروفات التشغيلية للعملية بأكملها. وفي دراسة عن كفاءة الطرق المستخدمه في معالجة مياه المجاري في الولايات المتحدة وجد أن طريقة الحمأة النشطه هي الافضل من حيث الاداء والتكاليف.

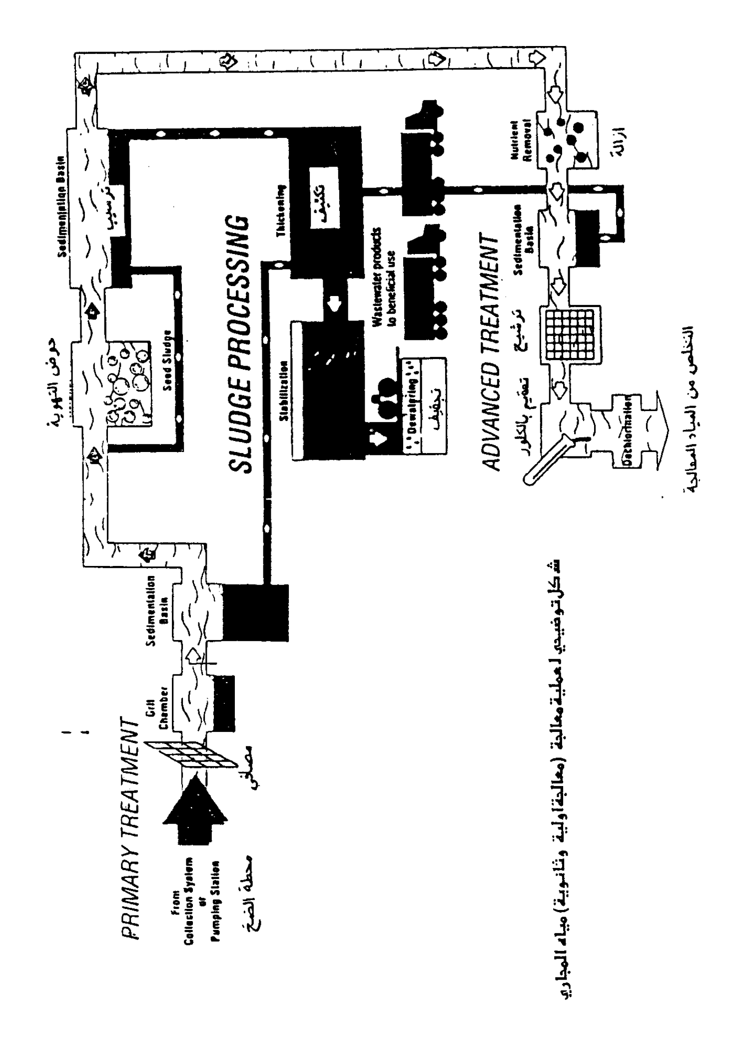
٣) الترسيب النهائي Final Sedementation:

وتمثل عملية الترسيب النهائي التي تتم في أحواض خاصة هي أحواض الترسيب النهائي ، جزء لايتجزأ من عملية المعالجة وخاصة المعالجة بالحمأة المنشطة، ذلك لان الماء بعد خروجه من أحواض التهوية يحتوي علي تراكيز مرتفعه من المواد العالقة التي يجب ترسيبها لتخرج مياه المخلفات السائله بعد

ذلك وقد تخلصت من أكبر نسبه من العكاره والمواد العضوية فيها. كما أن المواد العالقه التي تترسب في أحواض الترسيب النهائي تحتوي علي العديد من الكائنات الحيه الدقيقه التي تقوم بعملية الاكسده لذا تستعمل هذه المواد المترسبه في أحواض الترسيب النهائي كحمأة منشطه ويعاد قسم منها إلى أحواض التهوية.

وتقوم جامعة قناة السويس بالتعاون مع جامعة بورتموث بإنجلترا بتطبيق تقنيه بسيطة ورخيصة لمعالجة مياه الصرف الصحي بيولوجيا دون إضافة كيماويات تلوث البيئة وهذه الطريقة تخلص المياه من الملوثات وذلك بإمرار هذه المياه في أحواض زلطية مزروعة بنباتات البوص Common Reed أو البردي أو الحلفا مما يجعل هذه التقنيه ليست فقط نظيفة ولكن منتجة حيث أن الأرض المستعملة للتقنية يتم أيضا إستغلالها في إنتاج نباتات ذات قيمة اقتصادية معقولة ، كما أن هذه التقنية تتميز بكونها بسيطة وغير معقدة لا تستهلك طاقة ولا يستخدم فيها الات تحتاج لصيانة مكلفه كما هو متبع في التقنيات التقليدية وفيمايلي شرح تفصيلي لهذا النظام.

يعتمد هذا النظام علي إمرار تيار مياه الصرف الصحي في أحواض مبطنة بغشاء غير منفذ ومملوء بالزلط ومزروعة بأنواع من نبات البوص أو البردي وغيرها وتوفر هذه البيئة الظروف المناسبه للكائنات الدقيقة لكي تتمركز حول جذور النباتات وتبدء في تكسير المواد العضوية والملوثات المختلفه أثناء مرور مياه الصرف من خلال جذور هذه النباتات ، ويتراوح أطوال الاحواض من ٥٠ إلى ١٠٠م بعرض ٢م وعمق ٣٠-٦٠ سم وبدرجة ميل ١/٥٠ أو ١/١٠٠ وهي مملوءة بالحصي من نوعيات مختلفه مثل الزلط



شكل توضيحي لعملية معالجة (معالجة أولية وثانوية) مياه المجاري

والبازلت والحجر الجيري واحجامها مختلفه تتراوح بين ١٠-٢٠ مللي فيما عدا بوابات الاحواض حيث مُلئت بأحجام أكبر من ٨٠-١٠٠ مللي لمسافة ٢م طول ومازالت هذه الدراسة مستمرة منذ عام ١٩٨٨ وحتي الان لدراسة الاتي :

أولا : نمو وكفاءة النباتات :

ركزت الدراسة علي نباتات البوص وعلف الفيل والبردي في مرحلة المعالجة وقد أظهرت النباتات قدرة على النمو حيث تصل أطوال النباتات الى ٣ - ٥ م٠ وكانت معدلات الحش مره كل ثلاثة شهور في الصيف ومرة كل أربعة شهور في الشتاء٠

ثانيا: المعالجه :

يتم ضخ الماء إلى الأحواض بمعدل ٢٠ لتر/دقيقه وتستمر لفترة مرور ١٦ ساعه يومياً تعقبها فترة ٨ ساعات توقف ، وأظهرت النتائج قدرة هذه الطريقة علي التخلص من المواد الصلبة العالقة بطاقة تصل إلى ٢ر٧٩٪ والاكسجين الحيوي المستخدم في تكسيرالمواد العضوية إختزل خلال هذه المرحلة بنسبة ٣ر٩٧٪ والامونيا الذائبة بنسبة ٨٥٪ وبكتريا القولون بنسبة ١ر٩٧٪ في حين أن تركيز الاكسجين إرتفع بنسبة ٧ر٩٧٪ ، كما تمثل الاحواض بيئه جديدة ومتوازنه تضمن نشاط بكتريا تحويل الامونيا إلى نيترات وكذلك نشاط بكتريا إنطلاق النيتروجين بشكل متكامل ويمكن التحكم في تصميم الحوض وطوله وزراعة نباتات متنوعه، فإذا كان الماء الناتج من الاحواض سيتم صرفه علي مسطح مائي للتخلص منه وجب التخلص من النيتروجين الموجود به ويتم ذلك عن طريق توفير ظروف تكفل نشاط بكتريا انطلاق النيتروجين

Denitrifying Bacteria ويكون ذلك بإختيار حبيبات من الزلط اصغر من المستخدمة حاليا وخصوصا في منتصف الحوض بحيث تزداد فترة بقاء الماء في الأحواض مما يترتب عليه ارتفاع معدل التخلص من النيتروجين. أما إذا كان الماء الناتج من الأحواض سوف يتم استخدامه في الزراعة مباشرة يمكن استعمال نوعية حصى ذات أحجام كبيرة مما يسمح بخروج الماء بنسب عالية من النيترات والامونيا. ويجري تجربة هذه التقنية علي العديد من المدن مثل مدينة العاشر من رمضان وأيضا تجرى الدراسات على اختبار وعزل سلالات ميكروبية قادرة على تكسير الملوثات العضوية وذلك باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية.

الطرق الشائعة لمعالجة مياه المجاري والتخلص منها :

(١) التركيز
المروق المغلظ
التركيز المنفصل
التركيز بالسقوط بالجاذبية
الطفو

(٢) الهضم
البكتريا الهوائية (التي تستخدم الأكسجين الحر)
البكتريا غير الهوائية (التي تستخدم الأكسجين الموجود في المركبات الكيماوية)

(٣) إزالة المياه
مهاد التجفيف
البرك
الترشيح في جو مخلخل
الطرد المركزي

(٤) التجفيف الساخن والحريق
التجفيف الساخن
الترميد
المجامر المتعددة
المواد الصلبه المميزة
الاكسدة الرطبة

(٥) التخلص من الحمأة
الحفرات الأرضية
استصلاح التربة
الإلقاء في البحر

أولا: التركيز :

تعتمد كفاءة طريقة الحمأة المنشطة على التجمع الطبيعي للكائنات الدقيقة وتركيزها ثم فصلها في عمليات المعالجة ، ووجد أن تكوين بلمرات طبيعية بواسطة البكتريا هي أهم العمليات للتفاعلات الطبيعية. ولوحظ أن المبلمرات الطبيعية أكثر مقاومة للتشتت وبالتالي أكثر كفاءة من مبلمرات عضوية مخلقة والمستخدمة في معالجة الحمأة. وفي السنوات الأخيرة انتشر استخدام مبلمرات عضوية (غالبا مجموعة بولي الكتروليتية) بدلا من المركبات المعدنية التي كانت تستخدم في عمليات تخثير الحمأة مثل الجير وأملاح الحديد والألومنيوم وفي الغالب يتم فصل المواد الصلبة والسوائل في المياه المعالجة بالترسيب في أحواض الترسيب والتغليظ كذلك تستخدم وسائل الطفو وفيها تطفو المواد الصلبة على سطح السائل باستخدام فقاقيع صغيرة من الهواء.

ثانيا : الهضم:

يقلل من حجم الحمأة ويحلل المواد العضوية الصلبة إلى صور أكثر استقرارا وفي هذه العملية تتكون كميات كبيرة من غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون مع كميات قليلة من غازي الامونيا وكبريتيد الهيدروجين. ويحرق الميثان عادة لتوليد الحرارة والقدرة في محطة المعالجة. ومنذ عام ١٩٦٦ تقوم منشأة أورانج الصحية بكاليفورنيا بحرق الغاز المتولد في عمليات الهضم في تروبينات غازية يمكن تشغيلها كذلك بالغاز الطبيعي وهي ثاني محطة من هذا النوع في العالم وتوجد الأخرى في إنجلترا منذ عام ١٩٥٩ ويتكون الغاز الناتج من عمليات الهضم في محطة أورانج من حوالي ٦٥% ميثان ، ٣٤% ثاني اكسيد الكربون وهذا الغاز يضغط ويخزن لتغذية التوربين به حسب الحاجة ويدير التوربين مولداً قدرته ١٠٠٠ كيلووات. ومن الطريف أن عادم التوربين يستخدم مرة أخرى في توليد بخار والذي يستخدم في إدارة مولد قدرته ٣٠٠ كيلووات ، وهضم الحمأة بالبكتريا بمعزل عن الهواء هو أرخص أساليب معالجتها ثم فصل الحمأة المهضومة في مهاد الرمال ثم التخلص من المواد الصلبة المرسبة واستخدامها في استصلاح التربة.

لم تتغير أسس تصميم معدات الهضم نفسها خلال الثلاثين سنة الماضية وربما كان التقدم الوحيد هو التحكم في عمليات الخلط وتوحي البحوث أن كفاءة الهضم يمكن تسخينها لتخليص المواد الصلبة من المياه وإعادتها لوعاء الهضم ومن الوسائل الشائعة المستخدمة حالياً لتخليص الحمأة من المياه لتحويلها من حالة مائعة إلى غير مائعة ، تجفيفها فوق مهاد من الرمال (هناك طرق ميكانيكية كالترشيح في جو مخلخل والطرد المركزي المتبوع

بالترميد) ، وتم دراسة عدة طرق أخرى غير مألوفه لتحسين خصائص فصل المياه عن الحمأة ومنها طرق التجميد ثم التسييح والمعالجة الحرارية والتعريض لأشعة جاما والاستخلاص بالمذيبات والمعالجة الكهربية والمعالجة فوق السمعية ولكن نفقات التشغيل تبدو غير عملية وعالية (لمزيد من التفاصيل تقرير الجمعية الكيماوية الأمريكية عن مكافحة تلوث البيئة ١٩٧٢)٠ وتستخدم المجتمعات الصغيرة اليوم الحمأة المهضومة دون تعقيم أو إزالة المياه منها وتضيفها إلى التربة ولكن يمكن أن يؤدي ذلك لمخاطر صحية كبيره٠

ثالثا : التجفيف والحرق :

وتستخدم للإقلال من حجم الحمأة وتعقيم المواد الصلبة العضوية والإقبال عليها يتزايد كلما ازدادت كلفة الطرق الأخرى ، ووسيلة الحريق التي تستعمل على أوسع نطاق هي طريقة الفرن متعدد المحارق ومن عيوب هذه الطريقة مشاكل تلوث الهواء وحتى يمكن حلها لابد من التصميم الجيد والتشغيل السليم٠

رابعا : التخلص النهائي :

أرخص الطرق للتخلص من حمأة المجاري هو اللقاء الحمأة السائلة فوق الأرض أو في البحيرات أو في المحيط ويتطلب استخدام هذه الطريقة عاده هضم الحمأة لتجنب مشكلات الروائح الكريهة وتلوث المياه ، وتنشر مياه الحمأة عادة فوق الأرض وبالأخص في المحطات الصغيرة وتحتوي الحمأة علي مواد مغذية قيمة ويمكن استخدامها في التسميد أو في تحسين خواص التربة وزيادة رقعة الأرض الزراعية. ويعتمد تقويم الوسائل المختلفة على إجابات عن اسئله مثل : قيمة الحمأة السائلة أو المجففة كسماد أو لاستصلاح التربة واقتصاديات نقلها أو التخلص منها ٠ومعظم الطرق الشائعة توظف

أساليب الهضم البيولوجي والتحلل في معالجة المياه واهتمت البحوث بتحسين التصميمات للمهويات السطحية وزيادة كفاءة إدخال الهواء في برك الأكسدة في طريقة الحمأة المنشطة. وأدى استخدام أشكال من اللدائن (كلوريد البوليفينيل) بدلاً من الصخور في مهاد المرشحات النفاضة إلى مضاعفة المساحة النوعية السطحية التي تحدث عليها العمليات البيولوجية. ويبين الجدول رقم (١٤) تركيب مياه المجاري بعد المعالجة.

جدول (١٤) متوسط تركيب مياه المجاري بعد المعالجة الثانوية

المكون	التركيز مجم / لتر
اجمالى المواد العضوية	٥٥
الاكسجين البيوكيميائي المستهلك	٢٥
صوديوم	١٣٥
بوتاسيوم	١٥
امونيوم	٢٠
كالسيوم	٦٠
مغنسيوم	٢٥
كلوريد	١٣٠
نترات	١٥
نتريت	١
بيكربونات	٣٠٠
كبريتات	١٠٠
سليكا	٥٠
فوسفات	٢٥
كربونات كالسيوم	٢٧٠
كربونات كالسيوم قلويه	٢٥٠
مواد صلبه ذائبه	٧٣٠

ويوضح الجدول رقم (١٥) كفاءة طرق معالجة مياه المجـــاري (أوليـــة وثانوية) وكذا التكلفة الاقتصادية.

جدول (١٥) أداء وتكاليف وكفاءة طرق معالجة مياه المجاري
(التركيز % من المياه قبل المعالجة)

	الكفاءة في الإزالـــة	
	أولية	أولية + ثانوية
الأكسجين البيوكيميائي المستهلك	%٣٥	%٩٠
،، الكيميائي المستهلك	%٣٠	%٨٠
المواد العضوية غير القابلة للانصهار	%٢٠	%٦٠
المواد الصلبة المعلقة	%٦٠	%٩٠
إجمالي الأزوت	%٢٠	%٥٠
إجمالي الفوسفور	%١٠	%٣٠
المواد المعدنية الذائبة	-	%٥
الكلفة للألف جالون	٣ - ٤ سنتات	٥ - ١٠ سنتات
الكلفة للألف جالون مخلفات صناعية	٢ - ٥ سنتات	٤ - ٢٥ سنتات

تداول الحمأة والتخلص منها :

إن تداول الحمأة والتخلص منها هو أكثر المراحل صعوبة فـــي معالجـــة المياه العادمة وتتكلف عادة من ٢٥ - ٥٠% من رأس المـــــال ومصروفـــات التشغيل ومع زيادة السكان يزداد حجم الحمأة وبالتالى تزيد حدة المشكلة خاصة مع إرتفاع الأجور والتكاليف٠

والحمأة الخام تكون نصف سائلة ويختلف ما تحتويه من مـــــواد صلبـــه باختلاف مصدرها فتحتوي الحمأة من رواسب المعالجة الأوليـــة ٥ر٢ - ٥% من المواد الصلبة وتلك الناتجة من طريقة المرشح النضـــاض تحتـــوي مـــن

٥ر٠ - ٥% والناتجة من طريقة الحمأة المنشطة من ٥ر٠ - ١% من المــواد الصلبة.

وتنحصر أهداف تداول الحمأة في آلاتي :

(١) تحويل المواد العضوية إلى صور مستقره نسبيا.
(٢) الإقلال من حجم الحمأة بإزالة السوائل منها.
(٣) أباده الكائنات الدقيقة الضارة أو السيطرة عليها.
(٤) إنتاج أسمده مما يؤدي إلى خفض التكلفه.

وتؤدي جميع هذه العمليات إلى خفض كبير في تركيز المواد العضويـــة في الفضلات السائلة كما يتضح من الجدول رقم (١٦) :

جدول (١٦) مقارنة بين كفاءة طرق معالجة الفضلات السائلة المختلفة.

طريقة المعالجة	نسبة المعالجة %		
	اكسجين حيوي مستهلك	مواد عالقه	بكتريا
حجز بالمصافي	٥ -١٠	٢-٢٠	١٠-٢٠
ترسيب ابتدائي	٢٥-٤٠	٤٠-٧٠	٢٥-٧٥
مرشحات حصي عادية	٨٥-٩٥	٨٠-٩٠	٩٠-٩٥
مرشحات حصي سريعه	٧٠-٨٥	٧٠-٨٥	٨٥-٩٠
حمأة منشطه	٨٥-٩٥	٨٥-٩٥	٩٠-٩٨

يتضح مما سبق أنه يمكن الحصول علي درجة المعالجة المرغوبة وذلـك قبل إعادة استخدام هذه المياه لدى الأراضـــي الزراعيـــة وهنـــاك مواصفـــات

وشروط يجب أن تتوافر في مياه المعالجة التي يمكن أن تستغل لأغراض الزراعة في مصر ، جدول رقم (١٧) ٠

وعموما يجب الاهتمام بمزيد من البحوث البيولوجية والبيوكيمائية لتفهم عملية معالجة مياه المجاري والتوسع في وسائل تداول الحمأة وتكنولوجيا الطرق التكميلية للتخلص من الحمأة واقتصادياتها٠

الاستفادة من حمأة المجاري كسماد عضوي :

تشير التحليلات الكيماوية لحمأة المجاري إلى ارتفاع محتواها من عناصر النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، بالإضافة إلى العناصر المغذية الصغرى اللازمة لنمو النبات كما تحتوي علي نسبة عالية من المادة العضوية التي تساعد في تحسين الخواص الطبيعية والحيوية للتربة الزراعية ويمكن إنتاج سماد عضوي من حمأة المجاري بإتباع طرق المكمورات المهواه جيدا المعروفة عالمياً وقد قام فريقنا البحثي (سهير وآخرون ١٩٩٧) بدراسة خواص بعض الأسمدة العضوية والمنتجة من مكمورات سماد المجاري وتأثير فترات التهوية والتجفيف علي نضج السماد (صفر ، ١٥ ، ٣٠ ، ٦٠، ١٢٠ ، ١٨٠ يوم) كذلك سماد مجاري معامل كيميائياً ٥ ، ١٠% جير أو مخلوط مع مواد عضوية أخرى مثل مصاصة القصب أو قش الأرز أو سماد القمامة ، وذلك لتحديد كفاءة نضج ومناسبة وصلاحية هذه الاسمدة للاستخدام كمصلحات تربة. وأوضحت النتائج احتواء هذه الأسمدة علي المغذيات السمادية الكبرى مثل النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بالإضافة للمغذيات الصغرى الضرورية مثل الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس. كما أتضح أنه

بزيادة فترات الكمر والنضج (حتى ١٨٠يـــوم) أدت إلـــى تحســـن الصفـــات الطبيعية والكيماوية للسماد المنتج وتقليل أعداد الكائنات الدقيقـــة مـــن بكتريـــا خاصة والاكتينومايسين والفطريات ، وكان لمعالجة سماد المجـــاري بـــالجير تأثير معنوي علي تقليل أعداد الكائنات الدقيقة (جدول ١٨)٠

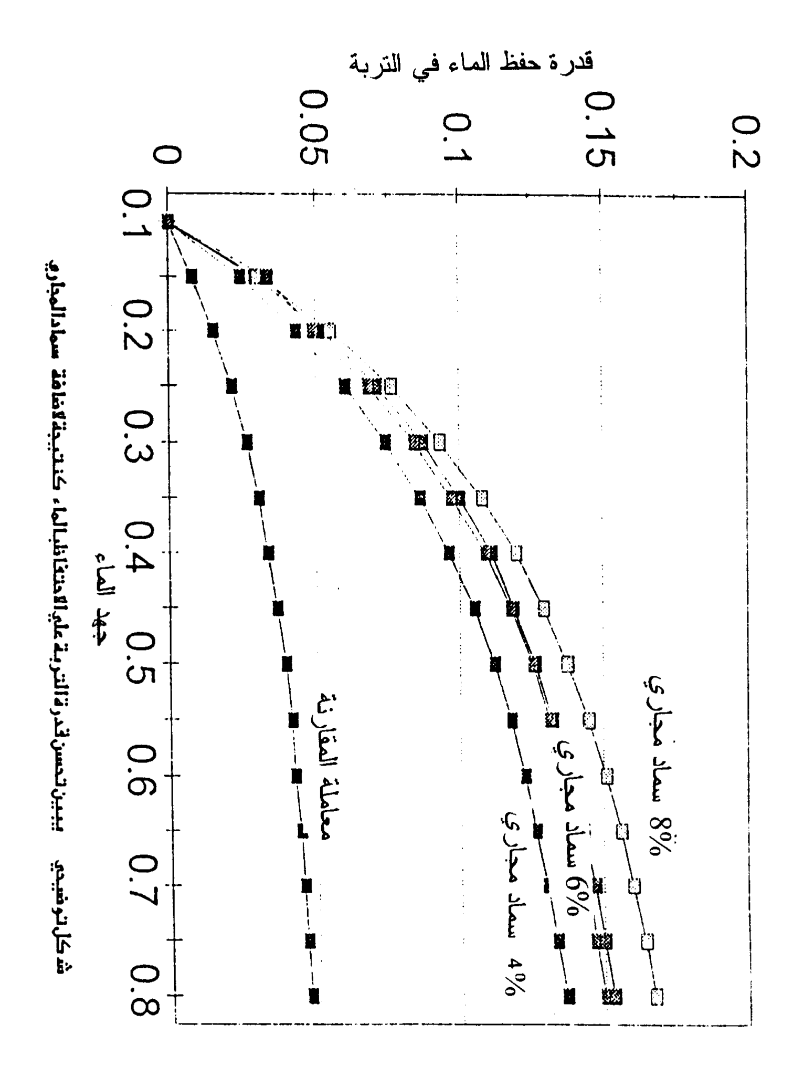
جدول (١٧) مواصفات وشروط يجب أن تتوافر في مياه المعالجة التي يمكن أن تستغل لاغراض الزراعه في مصر

المادة	الحد الاقصي المسموح به	المادة	الحد الاقصي المسموح به
الاكسجين الحيوي المستهلك	١٠ مجم / لتر	منجنيز	٢ر٠مجم / لتر
المواد الصلبه	١٠ ،،	زئبق	١٠٠ر٠ ،،
الألومنيوم	٥ ،،	موليبدنيوم	١٠ر٠ ،،
زرنيخ	١ر٠ ،،	نيكل	٢٠ر٠ ،،
بيروليوم	١ر٠ ،،	نتريت	٠ر١٠ ،،
بورن	٥ر٠ ،،	رقم هيدروجيني	٦–٨ ،،
كادميوم	١٠ر٠ ،،	سيلنيوم	٢٠ر٠ ،،
كوبلت	٥٠ر٠ ،،	فانديم	١ر٠ ،،
نحاس	٤ر٠ ،،	زنك	٠ر٤ ،،
رصاص	١ر٠ ،،	الزيت والنفط	لايوجد
كلور	٢٨٠ ،،	الفينول	١٠٠ر٠ ،،
سيانيد	٥٠ر٠ ،،	الكوليفورم	٥٠ مستعمرة/مل
فلور	٠ر٢ ،،	عكاره	٠ر١ (J + U)
ليثيوم	٧٠ر٠ ،،		

جدول رقم(١٨) : يوضح المجموعات الرئيسية والمرضية للكائنـــات الدقيقـــة في السماد العضوي المعالج.

مصدر السماد العضوي	المجموعات الرئيسية			البمكتريا الممرضة	
	بكتريا ($١٠^٧$)	أكتينومسين ($١٠^٥$)	فطريات ($١٠^٤$)	بكتريا القولون ($١٠^٥$)	سالمونيلا & شيجلا ($١٠^٢$)
زمن نضج السماد					
صفر يوم	١٠٥	٢٥	٦	٩٣	٣٥
١٥ يوم	١٢٥	٣٦	٩	٣٧	١١
٣٠ يوم	٩٥	٥٢	٨	٤٨	٢١
٦٠ يوم	٥٥	٤٣	٢٢	٣٦	٩
١٢٠ يوم	٨٧	٧٦	١٨	٢١	٨
١٨٠ يوم	٢٧	٣٥	٢٢	٢٥	٢
سماد معامل بالجير ٥%	٢٢		--	٩	--
١٠%	٧	٩	--	٣	--
مخلوط مع مواد عضوية	٠				
مع مصاصة القصب	٦٨	٣٩	١٩	٧	--
مع قش الأرز	٤٥	٥٦	٢٥	٥	--
مع سماد القمامة	٣٨	٢٧	١٧	٩	--

أشارت العديد من الدراسات إلى تحسن خواص التربـــة المائيـــة شـــكل (٣) وزيادة قدرتها علي حفظ الماء وزيادة القدرة الإمدادية بالعناصر المغذية



شكل توضيحي يبين تحسن قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء كنتيجة لإضافة سماد المجاري

وبالتالي زيادة خصوبة التربة وزيادة القدرة الإنتاجية ، ونظراً لاحتواء حمـــأة المجاري على تركيزات عالية من العناصر الثقيلة والملوثات العضوية وهـــي تقدر بحوالي ٥٠ – ٨٠% من محتوى مياه المجاري والذي يتوقف علي عـــدة عوامل منها :

(١) عدد سكان المدينة وعاداتهم الغذائية من مأكل ومشرب ونظافه.

(٢) النشاط الصناعي (كثافة ونوعية وما يتم التخلص منه بإلقائه في شـبكة المجاري.

(٣) القواعد والتنظيمات المعمول بها في معاملة المياه العادمة قبل القاءهـــا في المجاري.

(٤) نحر التربة والجريان السطحي للمياه علي التربة والشوارع.

(٥) محطات صيانة وغسيل العدد الميكانيكية.

(٦) نوع وكفاءة المعالجات في محطات الصرف الصحي (اولـــي – ثـــانوي ..الخ) والتقنية المتبعه.

وقد قامت العديد من الدراسات لوضع الأساس للاستخدام الأمثل لســـماد الحمأه حيث ظهر أن الاضافات المستمرة من سماد الحمأة إلى التربة يؤدي إلى إرتفاع مستويات العناصر الثقيلة مثل الحديـــد والزنـــك والنحـــاس والكوبلـــت والنيكل والكادميوم والرصاص والكروم وإذا زاد التركيز عن الحدود المثلـــي يؤدي هذا التراكم إلى ظهور أعراض سمية علي النباتات الناميـــة وتتدهـــور إنتاجية الأرض بالاضافه إلى الآثار الصحية الوخيمة لتراكم هذه العناصر فـــي سلسلة الغذاء مما يؤثر في النهاية علي صحة الإنسان ولهذا وضعت كثير مـــن البلاد المعايير التي توضح الحدود المسموح بها من هذه العناصر في الاسمدة العضوية كما في الجدول رقم (١٩) الذي يوضح الحدود المسموح بها من

العناصر الثقيلة في سماد الحمأة (جزء / مليون)٠

وتتوقف هذه المؤشرات علي عديد من العوامل منها :

(١) مستويات هذه العناصر في الحمأة٠

(٢) نوعية وقدرة وكيمياء التربة (مثـل السـعة التبادليـة – درجـة الحموضة – نسبة المادة العضوية)٠

(٣) نوعية وطبيعة النباتات والمحاصيل النامية٠

(٤) معدلات الإضافة ومدي تكرارها٠

جدول رقم (١٩) : يوضح الحدود المسموح بها من العناصر الثقيله في الاسمدة العضوية.

	الولايات المتحدة	المانيا	كندا	بريطانيا
المنجنيز	---	٣٩-٩٨	---	٥٠٠-١٢٠٠
النحاس	٢٨٠	١٠٠-٣٢٦	١١٢	١٠٠
الزنك	٢٦٠	٤٦٠-١٥٠٠	٢٢٩	٣٠٠
النيكل	٢٨٠	٨ر١-٤ر٦	٢٢	١-٦
الكادميوم	١٠	---	٣	١-٤
الرصاص	١١٢٠	---	١١٢	---
الكروم	١١٢	---	١٠٠	٣٠-٢٠٠

ونظرا للعجز الواضح في إنتاج الأسمدة العضوية في أراضي المناطق الجافة بما لا يتوافق مع الاحتياجات المتزايدة لمشاريع الاستصلاح والاستزراع الحديثة ويمكننا إنتاج أسمده عضوية جيدة من الحمأة بإتباع تقنية المصفوفات والمعروفة في أوربا والولايات المتحدة الأمريكية وقد قمنا بتجربة العديد من المكمورات وتحديد الخواص الكيماوية والحيوية ومستويات العناصر الثقيلة كما في الجدولين رقمي (٢٠ ، ٢١)٠ وفي تجارب حقلية علي أراضي رملية مضاف لها نسب مختلفة من سماد المجاري المكمور كان لها تأثير محسن علي محصول الذره – السمسم – عباد الشمس – القمح – البرسيم – الفاصوليا – الكركديه – الفول البلدي – السورجم. وكان لإضافة واحدة من هذا السماد تأثير محسن معنوي لمدة ثلاث – أربع سنوات متتالية وكانت تركيزات العناصر في النبات في حدود المسموح به طالما أن السماد المضاف كان ذو جودة مطابقة لشروط الاستخدام (خالي من التركيزات غير المرغوب فيها) ، ولم يلاحظ أي تأثير سام على النمو الخضري للماصيل المختبرة٠

ويمكن تلخيص أهم الطرق التي يمكن بها الاستفادة من حمأة المجاري وتصنيع سماد عضوي جيد منها فيما يلي :

١) الكومبوست أو الكمر :

وعملية الكومبوست هي عملية حيوية تقوم فيها البكتريا والفطريات والاكتينوميسات في إستهلاك كربون المادة العضوية وتحويل المركبات العضوية المعقدة إلى مركبات بسيطة يمكن للنبات أن يستفيد منها ويكون ناتج هذه العملية مادة عضوية متحللة (الكومبوست) بتقنيات مختلفة هوائية أو لاهوائية مثل :

جدول رقم (٢٠) : يوضح الخواص الطبيعية والكيميائية لبعض الأسمدة.

المعاملة	الحموضة	الملوحة%	نسبة المواد الصلبة%	المادة العضوية %	نيتروجين كلي%	فوسفور كلي%	بوتاسيوم كلي%	الكثافة الظاهرية كجم/م٣	السعة التبادلية مليمكافئ/١٠٠ جم	نسبة الكربون%
زمن نضج السماد										
صفر يوم	٧,٤	٠,٢٥	٦٨,٥	٥٩,٣	٣,٠٥	٠,٥٨	٠,١٨	٤٤٨	٣٩,٣	٣٤,٣٩
١٥ يوم	٧,٤	٠,٢٦	٧١,٣	٥٦,١	٢,٨٨	٠,٦٠	٠,١٨	٤٦٥	٤٢,٠	٣٢,٥٤
٣٠ يوم	٧,٢	٠,٣٠	٧٩,٧	٥١,٦	٢,٨١	٠,٦١	٠,١٩	٤٩٠	٤٨,٠	٢٩,٩٣
٦٠ يوم	٧,٢	٠,٣١	٨٥,١	٤٥,٤	٢,٦٣	٠,٦٣	٠,٢١	٥٢١	٤٨,٣	٢٦,٣٣
١٢٠ يوم	٧,٠	٠,٣٣	٨٨,٣	٣٩,٨	٢,٤٦	٠,٦٥	٠,٢٠	٥٤٤	٥٦,٤	٢٣,٠٨
١٨٠ يوم	٧,١	٠,٣٤	٩٠,٥	٣٥,٥	٢,٣١	٠,٧١	٠,٢٢	٥٦٠	٨٥,٨	٢٠,٥٩
سماد معامل بالجير										
٥ %	٩,٤	٠,٣٧	٩٥,٢	٣٩,٣	١,٧٥	٠,٦٩	٠,١٩	٦٣٤	٦٩,٧	٢٧,٨٠
١٠ %	١٠,٢	٠,٤٤	٩٣,٨	٢٨,٨	١,٢١	٠,٧٨	٠,١٧	٧٢٠	٦٣,٣	١٦,٧٢
مخلوط مع مواد عضوية										
مع مصاصة القصب	٧	٠,٥٣	٧١,٥	٤٢,٥	١,٣٤	٠,٤٣	٠,٦٥	٤٣٣	٧٤,٧	٢٤,٧
مع قش الارز	٧,٤	٠,٤٨	٧٥,١	٣٨,٣	١,٢٤	٠,٥١	٠,٥٦	٤٩٥	٣٠,٥	٢٢,٢
مع سماد القمامة	٦,٩	٠,٤٥	٧٩,٢	٣٢,٥	١,١٨	٠,٤٥	٠,٥٠	٥٢٠	٣٥,٨	١٨,٩

جدول رقم (٢١) : يوضح محتوى العناصر الكلية (مجم/كجم) لبعض الأسمدة العضوية المصنعة.

المعاملة	حديد	منجنيز	زنك	نحاس	بورن	كوبلت	نيكل	كروم	رصاص	كادميوم
زمن نضج السماد										
صفر يوم	١٨٢٥٦	٢٠٥	١٨٥٢	٣٨٦	٤٩	٣٥	٨٠	١٦١	٨٧	٩
١٥ يوم	١٩٧٦١	٢٢٨	١٩١١	٤٠٥	٣٦	٣١	٩٠	١٥٧	٨٨	٨
٣٠ يوم	٢٠٤٦٩	٢٤٦	١٩٦٦	٤٠٠	٤٠	٣٦	٩٧	١٦٥	١٠٠	١٢
٦٠ يوم	٢١١٦٤	٢٧١	٢٠٠٧	٤٦٤	٤٣	٤٠	٩٥	١٧١	١١٠	١٢
١٢٠ يوم	٢١٧٩٥	٢٥٩	٢١٥٠	٤٣٢	٤٩	٤٣	١٠٩	١٨٦	١٠٢	١٥
١٨٠ يوم	٢٢٣١٢	٢٧٥	٢١٠٠	٤٨٦	٤٥	٤٧	١٠٠	١٧٥	١٠٧	١٣
سماد معامل بالجير										
٥ %	١٦١٩٠	١٨١	١٤٦٣	٤١٠	٥٦	٥٤	٦٨	١٨٣	٩٠	٨
١٠ %	١٢٤٨٣	١١٢	١٢٥٤	٥٢٥	٧٢	٦٨	٧٥	١٩٧	٧٩	١٠
مخلوط مع مواد عضوية										
مع مصاصة القصب	١٥٤٧٦	٢١٩	١٠٩١	٢٦٩	٨١	٤٤	٥١	١٠٦	٩٦	٩
مع قش الارز	١٢٥٥٣	١١٣	٨٢٤	٢١٧	٣٩	٣٦	٣٥	١١٥	٧٨	١١
مع سماد القمامة	١٤٤٠٦	١٣٨	١١٥٤	٢٩٠	٤٥	٥٨	٤٧	١٣٥	١٢٠	٨

أ) مصفوفات (طريقة بلتسفيل – ميرلاند Windrow U.S.A
ب) الكمر في أوعيه مهواه In vessel compost
ج) الكمر في أكوام ثابته مهواه aerated static pile
د) تخمير لاهوائي لانتاج بيوجاز (غالبا غاز الميثان) B io- gas.

وسوف نتكلم هنا على أقل هذه التقنيات تكلفة اقتصادية والتي تطبق علي مدى واسع عالميا وهي طريقة الكمر في مصفوفات (طريقة بلتسفيل – ميرلاند) والتي لها العديد من المميزات منها :

١) تصلح للعديد من أنواع خبث المجاري الخام مما يوفر التكاليف الغالية لعمليات هضم الخبث Sludge stabilization.
٢) مرونة عالية أثناء التشغيل.
٣) تكاليف أقل للبنية الاساسيه.
٤) خفض أكبر للبكتريا الممرضة والطفيليات.
٥) مرونة كبيره في نسبة العمال إلى رأس المال.

العوامل التي تؤثر علي كفاءة عملية الكومبوست :

بالرغم أن عملية تصنيع الكومبوست عملية قديمه الا أنها ظلت عملية فنيه اكثر منها عملية علميه حتي أوائل الثلاثينات حيث تم تطوير تصنيع السماد العضوي صناعيا ومن أهم العوامل التي تؤثر علي العملية.

(١) الحراره :

تؤثر درجة الحرارة كون المادة العضوية علي نشاط وحيوية الكائنات الدقيقة وبالتالي تتحكم في معدل وسرعة التحلل ودرجة التدبل ولهذا ترتفع

درجة الحرارة مع تحلل المادة العضوية وتسود البكتريا المحبة للحـــرارة فـــي المدى ٤٥ - ٦٥ درجة حرارة وعند هذه الدرجـــة تمـــوت أغلـــب البكتريـــا المرضية٠

(٣) نسبة الكربون / للنيتروجين :

وهي عامل مهم في سرعة وكفاءة عملية الكومبوست وتستخدم الكائنـات ٣٠ جزء من الكربون لكل جزء واحد من النيـــتروجين المســـتهلك ، ولـــهذا يستحسن عند بدء عملية الكومبوست أن نبدأ بمادة تحتوي على نسبة في المـدى ٢٠-٣٥ وعادة تحتوي الحمأة في المتوسط على نسبة حوالـــي ١٥% وهـــذا يعني سرعة التحلل ولكن احتمالات فقد الامونيا تكون عالية أيضا عنـــد هـــذه النسبة العالية ، ولهذا يجب إضافة مصدر كربوني مثل قطع مفتتة من الخشب أو مخلفات المحاصيل والأشجار أو المخلفات الصلبه للقمامة ٠٠الـــخ كمـــواد لرفع نسبة حتى نضمن تحول كل النيتروجين إلى صورة عضوية ويذكر أنـــه عند النضج يمكننا فصل هذه القطع الخشبية وإعادة استخدامها فـــي مصفوفـــة جديدة (وأشارت البحوث أن قطع خشبية صغـــيره ذات قطـــر ٧ ســـم يمكـــن استعمالها ٥ -٦ مرات قبل أن تستهلك تماما)٠

(١) مستوي الرطوبة :

ويجب إلا تزيد درجة رطوبة خليط الكومبوست عن ٥٥-٦٥% حتى تتم عمليات التحلل الحيوية بالسرعة المناسبة٠

(١) التهوية والامداد بالاكسجين :

وهو عامل مهم خاصة للبكتريا المحبة للحرارة وطريقة دفع الهواء تحت كومة الكومبوست عند مستوي ٥ - ١٥% والتهوية الجيدة تضمن ثبات سوعة التحلل وسيادة البكتريا المحبة للحرارة والقضاء علي الكائنات الممرضة.

(١) درجة حموضة الحمأة :

يمكن إستمرار العملية في مدى واسع من ٥-١٠ ولكن يفضل أن تتم في مدى من ٦-٨ حيث تنمو الكائنات الدقيقة بدرجة أكبر عند هذا المدى.

المواد المالئة :

حتى نضمن سريان عملية الكمر تحت الظروف الهوائية يجب خلط الحمأة مع مادة مالئة حتى يتكون البناء الضروري ذو المسامية التي تسمح بتهوية جيدة ويشترط فيها أن تقدم مساهمة للبكتريا المحللة كمصدر كربوني إضافي وتتوقف كمية المادة المالئة على درجة رطوبة الحمأة ، فعلي سبيل المثال لو كانت نسبة المادة الصلبة الموجودة بالحمأة ٦-٨% نحتاج زيادة كمية المواد المالئة ٥ إلى ٧ أمثال الكمية التي تضاف عندما يكون نسبة المواد الصلبة ٢٢-٢٤ % ويشترط في هذه المواد أن يكون لها قدره إمتصاص للرطوبة مع احتفاظها ببنائها حتى يسهل عملية التهوية وهناك العديد من المواد التي تصلح لهذا الغرض مثل قطع خشب الأشجار - مخلفات النجارة - قشر الفول السوداني - حطب الذرة وحطب القطن - القمامة - القش - مخلفات المطابع الصلبة (الورق). ويتوقف كمية المادة المالئة علي نوعية المادة المالئة المختارة ونسبة المادة الصلبة في الحمأة ، فالحمأة التي تحتوي علي ٢٠% مادة صلبة يمكن استخدام نسبة ١:١ وفي حالات أخرى ١:٤.

عملية الخلط:

يجب أن يتم خلط الحمأة مع المادة المالئة خلط جيد بحيث لا تزيد أحجـام أقطار أجزاء الحمأة أكبر من ٣ بوصات (٥ر٧ سم) وهناك عديد من الطـــرق الميكانيكية لتحقيق هذا الهدف (آلات أتوماتيكية ذاتية الحركة أو مركبة علـــى جرار)٠

تشكيل الاكوام المهواه :

يفرش طبقة من الزلط أو الحصى أو قطع الخشب الصغير بسمك ١٥سم ويمر خلالها مواسير بلاستيك في الاتجاه الطولي وبهذه المواسير ثقوب للتهوية على أبعاد منتظمة تسمح بتوزيع الهواء بصورة جيدة متساوية. يعمل طبقة مـن مخلوط الحمأة مع المادة المالئة على شكل مقطـــع مثلـث ٥م قـاعدة ، ٥ر٢م ارتفاع ويغطي هذا الكوم بسماد مكمور طازج بسمك ٣٠ سم والتي تعمل كمادة واقية لامتصاص الغازات الهاربة من الكوم٠

ويتم توصيل أنابيب البلاستيك بمضخة هواء (١/٣ حصـــان وموصـل بجهاز توقيت بحيث يمكننا ضخ الهواء بمعدل ٢٠٠-٢٥٠ ، ولكومة طولـــها ٢٠م ، ٥ م عرض ، ٥ر٢ ارتفاع فإن دورات التهوية تكون ٤ دقائق تشـــغيل يليها ١٦ دقيقه إيقاف ، وأثناء هذه التهوية الجيدة تنشط العملية الحيويـــة ويتـم تكسير المادة العضوية وتبسيط تركيبها وصولاً لحالة الثبات (الدبـــال) وهـذه الطريقة مناسبة للتعامل مع كميات حمأة حوالي ٥ -٢٠ طـــن/ مـادة صلبـة وحتى ١٠٠ طن/أسبوع ، ويجب قياس درجات الحرارة دورياً في العديد مـــن جوانب الكومة بحيث يجب المحافظة علي مدى من ٦٠-٨٠ درجة مئوية عـن طريق التهوية والرطوبة ، وكما هو متوقع مع نشاط الكائنـــات الحيـــة ترتفـع

الحرارة من ٦٠-٨٠م ثم تبدأ في الانخفاض التدريجي بعد ١٦-١٨ يوم مما يدل على أنه تم استهلاك كل المادة العضوية المقابلة للتحلل وأنه تم تحويلها إلى سماد عضوي ، والشكل رقم (٤) يوضح خطوات العمل بطريقة مبسطة ، وبعد ٢١ يوم حيث يتم نقل الكومبوست ووضعه في أكوام للتجفيف والنضج لمده ٣٠ يوم ثم ينقل لتوحيد الاحجام (١/٤ - ½ بوصة) و تستخدم الأحجام الخشنة في عمليات الكومبوست مرة أخرى ، ويجب أن تضمن عملية التجفيف انخفاض نسبة الرطوبة إلى ٤٥% ولا تقل عن ٣٥% حتى يسهل تداول وتسويق هذا السماد العضوي كمنتج اقتصادي والجدول رقم (٢٢) يوضح المعايير الواجب أخذها في الاعتبار أثناء عملية الكومبوست وفترات الكشف عنها٠

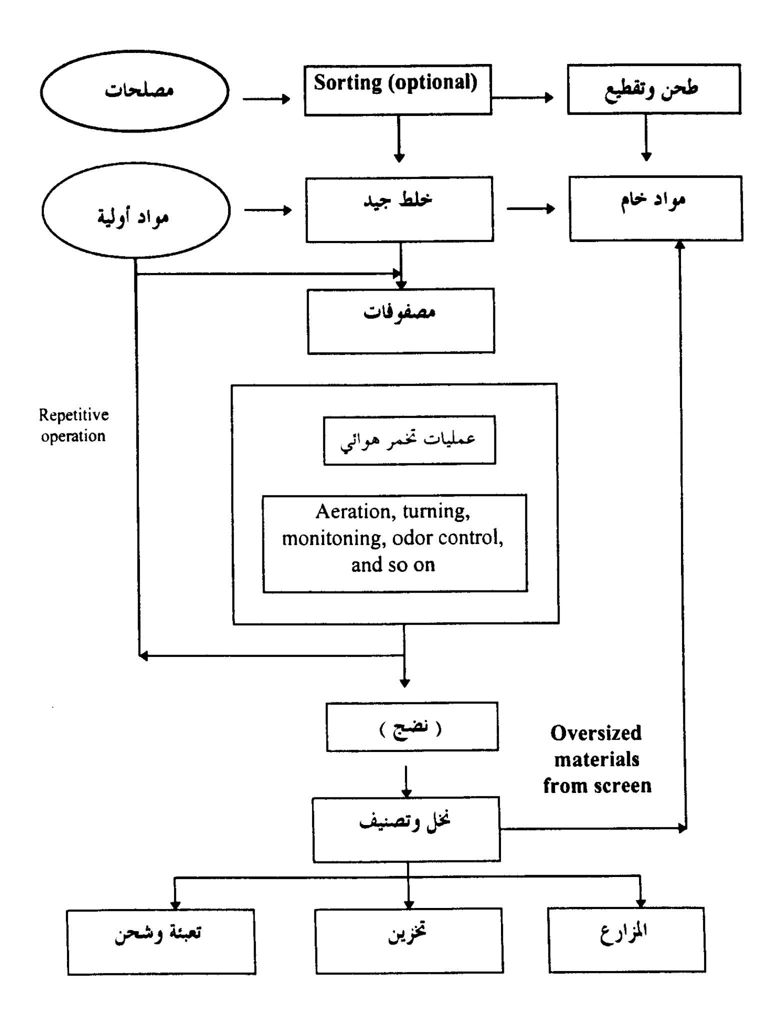
ونجاح عملية الكومبوست يتوقف بدرجة كبيرة على مدى النجاح في تسويق المنتج النهائي ويمكن تصنيف احتمالات السوق إلى ثلاث أصناف :

(١) سوق محدود الطلب ولكن بربحية عالية (بتربية شتلات الحدائق الغالية)٠

(٢) سوق كبير الطلب ولكن بأقل ربحية مثل إضافته على جانبي الطرق للاستزراع وإعادة الخضرة لاراضي جبلية أو غابات تحت الإنشاء وعمل تربة صناعية٠

(٣) سوق الاستخدام الزراعي كسماد عضوي ومصلح للتربة الزراعيه.

ولهذا يجب العناية بتوزيع الكميات المخطط لانتاجها من هذا السماد بين هذه البدائل وضمان تحقيق ربحيه اقتصادية منها٠



الشكل رقم (٤) : يوضح خطوات عملية الكومبوست

جدول رقم (٢٢) : يوضح المعايير المقترحة وفترات قياسها أثناء عملية الكومبوست.

المعايير	كمية الإنتاج		
	اكبر من ٢٥ طن	٢٥-٢٥٠طن	اكبر ٢٥٠طن
المحتوي الرطوبي	شهريا	اسبوعيا	يومياً
الحراره	يوميا	يوميا	يومياً
اكسجين	----	اسبوعيا	يومياً
البكتريا المرضيه	حسب القوانين المنظمة لها في الدولة		
المعادن الثقيله	----	----	---
الغازات والروائح	يوميا	يوميا	يومياً
مضخة الهواء	----	----	---
درجة الحموضه	شهريا	شهريا	شهرياً

ويمكن تلخيص الاستخدامات الممكنة لسماد المجاري كمصلح للتربة وتحقيق منفعه سمادية في الآتي :

(١) تغطية سطح التربة : لتقليل البخر وحماية البادرات من البرد الشديد .

(٢) يمكن نثر الكومبوست علي سطح التربة بمعدل ٤١-١٢٣ طن/فدان.

(٣) صيانة المراعي أو أرض الملاعب يضاف ٨-١٦ طن/فدان نثراً علي السطح.

(٤) إعداد مشتل لمحاصيل الخضروات ٥ر٢٠ - ٥ر٦١ طن/فدان تخلـط بالطبقة السطحية ١-٢ أسبوع قبل الزراعة بحيث لا تزيد عن معـدل النيتروجين الموصي بإضافته ولصيانة هذه الأرض يضـاف سـنوياً ٥ر٢٠ طن/فدان٠

(٥) زراعة محاصيل حقلية (شعير - قمح ٠٠الـخ) يضـاف ٢١ - ٢٧ طن/فدان قبل أسبوعين من الزراعة وبالنسبة للذره يضـاف ٦٢-٧٨ طن/فدان ولمحاصيل العلف يضاف ٨٢-١٤٤ طـن/فـدان وتخلـط بعمق ٤-٦ بوصة٠

(٦) إنشاء مشاتل للحدائق من أشجار (شجيرات زينة) يضـاف ٣٩-١٤٣ طن/فدان ويخلط لعمق ٦-٨ بوصة٠

الفصل الرابع

تلوث الأرض (التربة)

مقدمة

تشكل المناطق الجافة وشبه الجافة حوالي ٤٠٪ من مساحة أرض العالم ويعيش عليها أكثر من ٧٠٠ مليون شخص ، وتقريبا ٦٠٪ من هذه الأراضي الجافة تقع في البلاد النامية حيث المناطق شحيحة الأمطار تتركز في حوالي ٢٠ دولة في أفريقيا وآسيا والشرق الادني٠

ونظراً للطلب المتزايد علي الغذاء والكساء فإن الإنتاج الزراعي من هذه الأراضي يشكل ٥٠٪ من إنتاج العالم للفول السوداني ، ٨٠٪ من إنتاج الشعير ، ٩٠٪ من اللوبيا ، ومعظم الإنتاج العالمي من الحبوب ، ولكن في بعض البلدان بدأ تناقص الإنتاج وتدهور الأراضي يؤثر علي كفاية الإنتاج ويهدد بحدوث مجاعات خطيرة٠

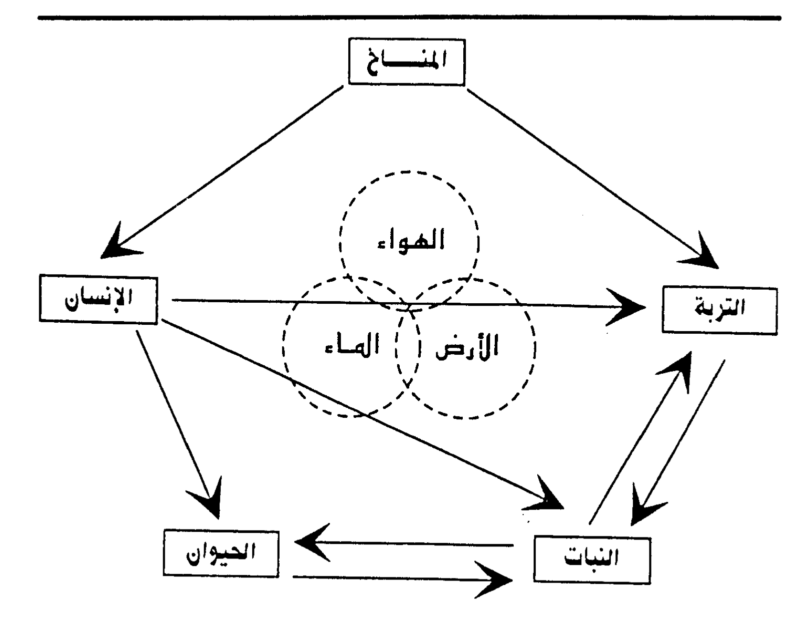
وعادة ما تكون الأراضي الجافة ذات صفات غير جيدة فهي خشنة القوام رملية ذات خصوبة قليلة ، منعدمة المادة العضوية وبالتالي ذات قدرة منخفضة علي حفظ الماء وعادة تكون هذه الأراضي معرضة للنحر بواسطة الرياح أو المياه ، كما تتعرض المحاصيل للجفاف لنقص مياه الري٠

إن الوطن العربي فيه من الموارد الأرضية الصالحة للزراعة مساحة تبلغ حوالي ٣ر١٧٩ مليون هكتار هذا إلى جانب الغابات والأراضي الرعوية والثروة الحيوانية والسمكية والموارد المائية وغيرها مما يمكن معه بالاستغلال الرشيد لهذه الثروات سد احتياجاته بأكملها ، ومن الجدير بالذكر أن حوالي ٣٠٪ من المساحة الصالحة للزراعة تقع في السودان ، ٢٠٪ في الجزائر ، ١٢٪ في المغرب ، ٦٪ في العراق٠

وتعتبر الموارد المائية في الوطن العربي عاملا أساسيا في التنمية الزراعية وهي تعتمد علي الانسياب السطحي للأمطار والمياه السطحية في الانهار والوديان ومن المياه الجوفية ، وتقدر الموارد المائية المتاحة في الوطن العربي بحوالي ١٥٦ مليون م٣ يستخدم ٨٣٪ منها في الزراعة ، بينما تستخدم الصناعة حوالي ١ر٥٪ والسكان والشرب ٥ر٥٪.

إن كل الموارد الأرضية والمائية علي السواء يمثلان العمود الفقري للموارد الطبيعية وأن عدم ترشيد استغلالها سوف يؤدي إلى الإخلال بالنظام البيئي وهذا ليس قدرا مكتوبا وإنما هو من فعل الانسان.

إن ما تعاني منه البلدان العربية حالياً من مشاكل بيئية متمثلة في التصحر والزحف الصحراوي وتدهور المراعي وقطع الغابات وتدني الإنتاجية الزراعية الغذائية ما هو إلا نتيجة للاستغلال غير الرشيد للموارد هذا إلى جانب عدم الوعي بالآثار الضارة المترتبة عن استخدام المبيدات والكيماويات للأغراض الزراعية من تلوث للتربة وموارد المياه مما أدي الي بروز كثير من الظواهر والكوارث البيئية فالمنظومة البيئية تحكمها علاقة ديناميكية متناغمة إذا حدث أي خلل فيها يؤدي الي خلل في كل النظام البيئي شكل رقم (٥).



شكل رقم (٥) : يوضح المنظومة البيئية

مصادر تلوث الارض (التربة) :

التربة تعتبر مكون هام ذو نوعية خاصة فى المحيط الحيوي ليس فقط لكونها المستقبل والمصرف الجيوكيميائى للملوثات ولكن أيضاً لقدرتها التنظيمية في انتقال العناصر والمواد الكيميائية للغلاف الجوى والبيئة المائية أو النباتية. والملوثات من مصادرها المختلفة تصل إلى سطح التربة ثم يتوقف مصيرها على الخواص الطبيعية والكيميائية لهذه التربة. وبالرغم من أن كيمياء التربة الملوثة بعناصر نادرة أثارت اهتمام العديد من العلماء إلا أنه مازالت معلوماتنا عن سلوك هذه الملوثات غير كاملة تماماً.

وتواجد الملوثات في التربة يميل إلي أن يكون لمدد طويلة زمنياً أطول منه في حالة أي من مكونات المحيط الحيوي (ماء – هواء) الأخرى وخاصة في حالة التلوث بالعناصر الثقيلة حيث يبدو أنه يكون تلوث دائم . وسبب ذلك يرجع الى أن المعادن الثقيلة الملوثة للتربة أو المتراكمة بينها لا تستنزف بسرعة سواء بالغسيل أو الإدمصاص والامتصاص بواسطة النباتات النامية عليها، أو بالنحر.

وفي دراسة على فترة نصف العمر اللازمة لبعض المعادن الثقيلة في التربة تحت ظروف الليزميتر. وجد أن هذه الفترة تختلف من عنصر الى آخر اختلافاً كبيراً. فمثلاً كانت ٧٠ إلى ٥١٠ سنة في حالة الزنك، ١٣– ١١٠٠ سنة للكادميوم ، ٣١٠ الى ١٥٠٠ سنة للنحاس، ٧٤٠ – ٥٩٠٠ سنة للرصاص ، ولهذا فإن معدل التراكم في التربة يكون عالي جداً بالمقارنة بمعدل الإستنزاف وبالتالي تصبح الأرض ملوثة ويصعب إيجاد حل لهذه المشكلة البيئية. وهناك العديد من المناطق في البلاد الصناعية والتي تلوثت فيها الأراضي بتركيزات عالية وخطيرة بالملوثات العضوية وغير العضوية حيث أصبحت غير مأهولة بالسكان وإنعدمت فيها مظاهر الحياة بل وتشكل خطر قائم على المناطق المجاورة بتلويثها سواء بالمياه الجارية لسقوط أمطار أو جريان نهر أو حتى بفعل الرياح.

وعموماً أظهرت دراسات بيئية عن مدخلات ومخرجات المعادن الثقيلة وإتزان البيئة أن هناك زيادة في تركيزات هذه المعادن في التربة السطحية على المستوى العالمي نتيجة لزيادة الأنشطة الصناعية والزراعية. وهناك العديد من الأدلة على أن تركيب التربة السطحية يتأثر سواء بالملوثات المحلية أو بالانتقال من مكان إلي آخر على المدى الطويل. على سبيل المثال فإن

معدل الإضافة السنوي من تساقط الغبار في مدينة طوكيو تم تقديره بحوالي ٥٠ر٠ جزء/مليون من الكادميوم ، ٥ر٠ جزء/مليون لكل من الرصاص والمنجنيز.

والتلوث الإقليمي للتربة عادة يحدث حول الأقاليم الصناعية حيث المدن الكبيرة والمصانع والمركبات المتنوعة ومخلفات القمامة والمجارى وهى من أهم المصادر الأساسية للتلوث بالعناصر الثقيلة. ومن الجدير بالذكر ان انتقال هذه الملوثات في الغلاف الجوى يكون لمسافات طويلة وخاصة للعناصر ذات المركبات الطيارة (مثل عناصر الأرسين والزئبق والسلينيوم) مما يجعل من الصعوبة تحديد الخلفية الطبيعية (الأصل) للأرض غير الملوثة بالدقة المرغوبة.

ومن مصادر المعادن الثقيلة أيضاً الكيماويات الزراعية من أسمدة ومبيدات ومشتقات مواد المجارى حيث تضيف الى رصيد المعادن الثقيلة بالتربة كميات متزايدة سنوياً بحسب نوع وطبيعة المادة الملوثة جدول رقم (٢٣) . وعلى سبيل المثال أوضحت التقارير أن على المدى البعيد فإن إضافة الأسمدة الفوسفاتية تضيف كميات متزايدة من الكادميوم والفلور للتربة. وإستخدام المخلفات العضوية بعد تخميرها أو معاملاتها مثل السماد البلدي وسماد المجارى تؤدى إلي تراكم تركيزات المعادن الثقيلة فى التربة. ومن العديد من الدراسات حول تأثر التربة بالإضافات المستمرة لمخلفات المجارى فى مجال الزراعة تم وضع الكثير من الإرشادات الواجب إتباعها والمستويات القياسية اللازمة حتى يمكن استخدامها بأمان تام وضمان عدم زيادة مستويات المعادن الثقيلة فى التربة والبيئة عن حدود الأمان. ويمكن القول انه مازالت هذه الحدود الآمنة مثيرة للجدل والنقاش والتجريب. وعموماً هناك بعض

الاتفاق عن أقصى كمية يمكن إضافتها من العناصر فى المرة الواحدة ولفترة زمنية محددة

جدول رقم (٢٣) : يوضح المصادر الزراعية لبعض المعادن المسببة لتلوث التربة (ميكروجرام/جرام)

	سماد المجارى	أسمدة فوسفاتية	حجر جيرى	أسمدة نيتروجينية	السماد البلدى	المبيدات ٪
أرسينيك	٢٦-٢	١٢٠٠-٢	١ر -٢٤	١٢٠-٢ر٢	٢٥-٣	٦٠-٢٢
الكادميوم	١٥٠٠-٢	١ر٠-١٧٠	٠٤ر-١ر٠	٠٥ر-٨ر٥	٣ر٠-٨ر٠	-
كوبلت	٢٦٠-٢	١٢-١	٤ر٠-٣	٤ر٥-١٢	٣ر٠-٢٤	-
كروم	٤٠٦٠٠-٢٠	٢٤٥-٦٦	١٥-١٠	٢ر٣-١٩	٢ر٥-٥٥	-
نحاس	٣٣٠٠-٥٠	٣٠٠-١	١٢٥-٢	١٥-١	٦٠-٢	٥٠-١٢
زنبق	٥٥-٥٠١	١٠ر٠-٢ر١	٠٥ر٠	٣ر٠-٩ر٢	٠٩ر٠-٢ر٠	٨ر٠-٤٢
نيكل	٥٣٠٠-١٦	٣٨-٧	٢٠-١٠	٣٤-٧	٨ر٧-٣٠	-
رصاص	٣٠٠٠-٥٠	٢٢٥-٧	١٢٥٠-٢٠	٢٧-٢	٦ر٦-١٥	٦٠
زنك	٤٩٠٠٠-٧٠٠	١٤٥٠-٥٠	٤٥٠-١٠	٤٢-١	٢٥٠-١٥	٣ر١-٢٥
منجنيز	٣٩٠٠-٦٠	٢٠٠٠-٤٠	١٢٠٠-٤٠	-	٥٥٠-٣٠	-
موليدنيم	٤٠-١	١ر٠-٦٠	١ر٠-١٥	٧-١	٠٥ر٠-٣	-

After A. Kabata- Pendias & H. Pendias (1984)

ويمكن القول أن الحدود المسموح بها ليست تتوقف فقط على نظام النبات – تربة ولكن أيضاً على النسب بين العناصر وكمياتها الكلية في التربة والأثر المتبادل بينهم. وفى العديد من المناطق حول العالم زادت تركيزات العناصر الثقيلة. فى التربة عن المستويات المسموح بها خاصة أراضى الحدائق والبساتين كنتيجة لتكثيف الإضافات من الأسمدة وسماد المجارى العضوي والمبيدات. وبالرغم أن هذه الأراضي الملوثة بالعناصر الثقيلة قد ينمو عليها محاصيل أو أشجار فاكهة بطريقة طبيعية وبدون أعراض نقص أو سمية عليها ألا أنه فى بعض الأحيان يكون استهلاك هذا المحصول الناتج غير آمن سواء للإنسان أو الحيوان.

وفي دراسة عام ١٩٧٩ قام Kloke بحساب الحدود القصوى التي يسمح بها لمستويات الزئبق والكادميوم والرصاص بالتربة السطحية والتي ينتج عنها مستويات محتملة في غذاء الإنسان طبقاً لمقاييس منظمة الصحة العالمية وهيئة الأغذية العالمية (الفاو). ولذلك فالاستخدام الآمن لمخلفات المجاري يجب أن يقدر على أساس الإضافات المحسوبة والآمنة للتربة السطحية والبيئة عموماً. وهناك العديد من العوامل التي تحدد معدلات الإضافات المقبولة إلي الأراضي الزراعية والتي يجب وضعها في الاعتبار مثل :

١ - المحتوى الكلى الأساسي للتربة من المعادن الثقيلة.
٢ - الكميات الكلية من العنصر المضاف بالنسبة للعناصر الثقيلة الأخرى.
٣ - الحمل التراكمي الكلى للعناصر الثقيلة.
٤ - القيود التي يجب وضعها في الحسبان للجرعة المسموح بها للعناصر الثقيلة.
٥ - قيمة معامل السمية لكل عنصر من العناصر النادرة بالنسبة للنباتات النامية.
٦ - النسب بين العناصر المتداخلة (الأثر المتبادل والتنافس).
٧- خواص التربة الكيمائية (درجة الحموضة pH، نسبة الكربونات ، محتوي المادة العضوية والطين والرطوبة).
٨- الموازنة بين المدخلات والمخرجات فى البيئة المحلية.
٩ - مدى حساسية وشدة تأثر النبات بمستويات العناصر الثقيلة.

ومن الدراسات العديدة حول تلوث التربة بالمعادن الثقيلة اختلف تأثر النباتات النامية عليها اختلافاً واسعاً. ويرجع ذلك إلى الاختلافات في طبيعة ونوع التربة ونوع النباتات وظروف وعوامل النمو المختلفة. وقد أستخدم بعض المؤلفين مصطلح (مقاومة التربة للتلوث بالعناصر الثقيلة) والذي يرتبط بالمستويات الحرجة للملوثات المعدنية (غير العضوية) والتي تُظهر تأثير ضار سام على النباتات والبيئة عموماً. وهناك علاقة قوية جداً بين هذا العامل والسعة التبادلية للتربة وسوف نتحدث عنها بالتفصيل في جزء آخر من هذا الكتاب. عموماً تزيد مقاومة التربة للتلوث عادة بزيادة نسبة الطين وقلة الحموضة وزيادة المادة العضوية وتقل كثيراً في الأراضي الرملية الحمضية. وقد يتراكم كميات عالية من العناصر الثقيلة في التربة اللومية المتعادلة ويكون تأثيرها أقل على البيئة ولكن يحدث عدم اتزان كيميائي في مثل هذه التربة مما يؤثر سلبياً على الأنشطة الحيوية فيها.

وعموماً أصبحت مشكلة تلوث التربة الزراعية من أهم المشاكل في الوقت الحاضر وسوف تستمر فى المستقبل لزيادة احتمالات التلوث نتيجة للنشاطات الإنسانية المختلفة ليست فقط المحلية ولكن العالمية أيضا فعلى سبيل المثال ظهر أن بعض الأراضي يمكن أن تتلوث عن طريق الأمطار الحامضية والمحملة بملوثات من أماكن بعيدة مما يزيد من التعقيدات المؤثرة على دراسات تلوث البيئة وتظهر هذه المشكلة بوضوح في تلوث الأراضي بالغبار الذرى المتساقط فمثلاً في مقاطعة ويلز بإنجلترا تلوثت مساحات شاسعة بالمواد المشعة المتساقطة مع الأمطار والرياح نتيجة لحادث مفاعل تشرنوبل في روسيا.

وفيما يلي بعض التفصيل عن تلوث التربة ببعض العناصر الثقيلة (الرصاص – الزئبق – الكادميوم).

تلوث التربة بالرصاص :

يصل الرصاص إلى التربة إما عن طريق تساقط الغبار المحمل به من الهواء أو الترسب من المياه الملوثة به خاصة مياه صرف المناجم كذلك من مخلفات الأوراق الميتة. علاوة على ذلك قد يضاف الرصاص إلى التربة عن طريق بعض المبيدات أو الأسمدة والتي تحتوى على شوائب منه مثل الحجر الجيري والأسمدة الفوسفاتية. ونتيجة لمنع استخدام مبيد الـ د.د.ت فقد زاد الطلب على استخدام مبيدات محتوية على أر سانات الرصاص خصوصاً لبعض أشجار الفاكهة والبطاطس. وقد يحدث التلوث بالرصاص من مصدر طبيعي وهو حدوث تحلل بعوامل التجويةالمختلفة لبعض الصخور المحتوية على الرصاص (من مادة الأصل).

ومن قياسات المحتوي الكلي للرصاص في التربة وجد أنها قد تكون عالية في بعض المناطق عن الأخرى حيث وجدت بعض الأراضي في ويلز ببريطانيا تحتوى على من ٤٠-٧٠ ميكروجرام/جم (Davies, 1968) وهذه تعتبر قيمة عالية جداً بالمقارنة بالمتوسط العالمي الذي يبلغ ١٦ ميكروجرام/جم في القشرة الأرضية. وكما هو الحال في كل الملوثات، فإن تركيز الرصاص في التربة يقل كلما بعدنا عن مصدر التلوث. وهناك العديد من التقارير التي تشير إلى العلاقة القوية بين محتوى الرصاص في التربة والغطاء النباتي على جانبي الطرق والذي يعتمد على المسافة منه بالإضافة لكثافة المرور عليها وحركة الرياح. وأشارت معظم الدراسات أن تركيزات الرصاص تقل بنسبة ٢٣-٣٢٪ لكل ٣٣م نبعد فيها عن طريق المرور. أيضاً

وجد أن تأثير المرور على الطريق قد يؤثر حتى بعد ١٧٠م من الطريق على محتوى التربة من الرصاص٠ وقد أوضحت دراسات باستخدام النظائر المشعة واقتفاء الأثر أن معظم الرصاص المترسب على جانبي الطريق وكذلك الرصاص في الجو كان مصدره من وقود الجازولين. ومن الجدير بالذكر أنه قد وجدت تركيزات من الرصاص في الثلوج المتساقطة على جبال لازن بولاية كاليفورنيا والتي يعتقد إنها من أيروسلات المحتوية على الرصاص والتى تنطلق فى هواء مدينة لوس إنجلوس على بعد ٦٠٠ كم والمشابه في خواصها وتركيبها للرصاص في الجازولين المستخدم في هذه المدينة .

وملوثات الرصاص التي تصل إلى التربة من مختلف المصادر تمر بالعديد من الدورات والعمليات عقب اختلاطها بسطح التربة. هذه العمليات تغير كثيراً من تيسر الرصاص للنباتات النامية. وبالرغم أن الرصاص الناتج عن احتراق الجازولين يكون أساساً من هاليدات الرصاص التي تكون نسبياً ذائبة فإنه فور ترسبها وبمرور الوقت تتحول إلى مركبات أقل ذوباناً وذلك لاتحادها مع انيونات الكبريتات والكربونات أو الفوسفات وكذا المادة العضوية فى التربة وعادة مخلابيات المادة العضوية في التربة المرتبطة بالرصاص تكون قليلة الذوبان بدرجة عالية. ونظراً لانتشار تلوث التربة بالرصاص نجد أن معظم الأراضي تحتوى كميات من الرصاص أعلى من المستوى الطبيعي له خاصة فى الطبقة السطحية منها. ومن العديد من البحوث المنشورة عن مستويات الرصاص الطبيعية في الأراضي ولمختلف البلاد وجد أن التركيزات تتراوح بين ٣-١٨٩ ميكروجرام/جم بينما القيم المتوسطة حسب نوع التربة في المدى من ١٠-٦٧ ميكروجرام/جم وبمتوسط ٣٢ ميكروجرام. وكانت القيم العالية من الرصاص (أعلى من ١٠٠ ميكروجرام/جم) من أراضى

الدنمارك واليابان وإنجلترا وإيرلندا مما يشير في الواقع إلى احتمال تلوث التربة ويبلغ متوسط تركيزات الرصاص في الأراضي السطحية الأمريكية ٢٠ ميكروجرام/جم في حين أن المتوسط العالمي يقدر بحوالي ٢٥ ميكروجرام/جم.

ومن حسن الحظ أن الرصاص ومركباته في التربة تعتبر من أقل العناصر حركية في التربة. ويرجع ذلك إلى انخفاض ذوبان أملاحه في محلول الماء الأرضي في التربة الطبيعية. وبالرغم من أن الإضافة السائدة لمركبات الرصاص في التربة سوف تختلف طبقا لنوع وظروف التربة إلا أنه يمكن القول عموماً أن الرصاص يرتبط أساساً بمعادن الطين، أكسيد المنجنيز، هيدروكسيدات الألومونيوم والحديد وكذلك المادة العضوية. وفي بعض الأراضي يرتبط الرصاص أكثر مع كربونات الكالسيوم أو مركبات الفوسفات. ووجد أنه بإضافة الجير تنخفض ذوبا نية الرصاص أكثر. وأن زيادة قلوية التربة تعمل على ترسب الرصاص في صورة أملاح هيدروكسيد أو فوسفات أو كربونات بالإضافة إلى زيادة المعقدات العضوية الحاملة للرصاص.

وفى دراسة عن أنواع معادن الطين وإدمصاص الرصاص وجد أن معدن طين أيليت كان الأكثر قابلية لاحتجاز الرصاص بالمقارنة بالمعادن الأخرى. وفي دراسة أخرى لم تظهر هذه القابلية أو الاختيارية بين المعادن حتى مع مدى واسع من درجات الحموضة. وهناك نظريات مختلفة في كيفية امتصاص الرصاص على سطح معدن الطين حيث أشار بعضها إلى تكون روابط هيدروكسيلية أحادية أو رباعية واحتمالات إدمصاصها تتوقف على نوع معدن الطين. حيث في حالة معدن طين المونتموريلونيت يكون الامتصاص عن طريقة عملية التبادل الكاتيونى في حين في حالة معدني

الكاؤلينيت والإيليت يمتص الرصاص على المواقع النشطة تنافسياً. ووجد بعض الباحثين أن بعض مركبات التربة بعينها لها قدرة اختيارية عالية مثل أكسيد الحديد والمنجنيز ومعدن الهالوسين وإيمجليت أكثر من دبال التربة أو معدن الكؤلينيت أو المونتوريلونيت.

وتلوث التربة بالرصاص له تأثير ضار على الإنسان والحيوان عن طريقين الأول هو سلسلة الغذاء أو استنشاق غبار التربة الملوثة (وفى حالة الأطفال وجد أن التصاقهم بالأرض أثناء اللعب يكون مصدر لا يستهان به لتلوث أجسامهم بالرصاص). وزاد الاهتمام بتلوث التربة بالرصاص كنتيجة لازدياد التقارير عن زيادة محتوى التربة السطحية من الرصاص باستمرار سواء في الأراضي المنزرعة أو غير المنزرعة عالمياً حتى وأنه في بعض المواقع قد يصل نسبة الرصاص إلى تركيز عالي جداً حوالي ٢٪ من التربة الجافة. وقد أشارت بعض الدراسات أن التركيز الحرج من الرصاص في التربة والذي يسبب سمية للنباتات النامية عليها يتراوح بين ١٠٠-٥٠٠ ميكروجرام رصاص/جم تربة.

وتختلف ملوثات الرصاص فى التربة حسب المصدر المسبب لها فهي عادة تكون فى صورة معدنية ($PbS, PbSO_4, PbO$) إذا كانت منبعثة من مصانع صهر المعادن بينما في حالة التلوث من عادم السيارات تكون أملاح هاليدات الرصاص هي السائدة ($PbCl_2$, $PbBr_2$, $Pb(OH)Br$, $PbBrCl$) وهذه الأملاح في التربة غير ثابتة وتتحول سريعاً إلى أكسيد وكربونات وكبريتات الرصاص.

وقد اختلفت الآراء حول السؤال الآتى : هل الرصاص كملوث للتربة مكون ثابت أم متحرك؟ وسبب الاختلاف هو أن الرصاص يدخل التربة

بصور متنوعة من المركبات والمعقدات وبالتالي تختلف التفاعلات التي يمر بها في التربة باختلاف ظروف التربة والمنطقة عموماً. وفى أحد الدراسات أظهرت النتائج أن الرصاص من أكثر المعادن ثباتاً في التربة وأن الوقت اللازم لفقد ١٠٪ من الكمية الكلية من الرصاص في هذه التربة بالغسيل قدرت بحوالي ٢٠٠ سنة للأراضي الملوثة و٩٠ سنة للأرض غير الملوثة. وفى دراسة أخرى حسبت فترة نصف العمر للرصاص (الفترة الزمنية اللازمة لفقد ٥٠٪ من كمية الرصاص الكلية في التربة) فتراوحت بين ٧٤٠-٥٩٠٠ سنة وفقاً لنوع التربة وظروف الري ونسبة المادة العضوية في التربة ، وطبعاً تتوقف ذوبا نية وحركية مركبات الرصاص في المحلول الأرضي على الصورة التي يمكن أن يرتبط أو يتبادل بها مع معقدات التربة فمثلاً تكوين معقدات عضوية مخلابية مع الرصاص عادة تكون ذائبة في محلول التربة مما يسهل عملية انتقالها من سطح التربة إلى تحت السطح (عملية غسيل).

وعموماً من دراسات ميزانية الرصاص (مدخلات ومخرجات في التربة) ظهر أنه دائماً المدخلات تكون أكثر بكثير من المخرجات. ومن هذا المنطلق فإن تلوث التربة بالرصاص عملية غير عكسية وبالتالي فهي تراكمية متصلة على سطح التربة حتى لو كانت كمية الإضافات من الرصاص قليلة أو لا تذكر.

وتراكم الرصاص على سطح التربة يؤثر تأثير بالغ على حيوية التربة خاصة التربة ذات القدرة التبادلية الضعيفة لأنه يؤثر بشدة على النشاط الحيوي للكائنات الدقيقة فى التربة. هذه النقطة المهمة نوقشت من قبل العديد من الباحثين وأوضحوا أن زيادة مستويات الرصاص في التربة يؤدى إلى وقف أو تقليل النشاط الأنزيمي للميكروبات في التربة. وبالتالي زيادة تراكم

معقدات عضوية غير كاملة التحلل في التربة وخاصة المواد العضوية صعبة التحلل مثل السليولوز. كما وجد أن عملية النترتة في التربة تعاق أيضاً حيث لوحظ تراكم النتريت بدلاً من النترات مما يعرض النباتات للخطر والسمية بالإضافة لفقد النتروجين بالتطاير في صورة أكاسيد.

لوحظ أيضاً قدرة الكائنات الحية الأكبر في التربة (مثل دودة الأرض) على اختزان تركيزات عالية من الرصاص في أجسامها . وهذه يعاد توزيعها في الأرض أو يتغذى عليهاطيور أو حيوانات حسب دورة سلسلة الغذاء.

تلوث التربة بالزئبق :

توجد تركيزات من الزئبق تتراوح بين ٤٠-٤٠٠ جزء/بليون في الصخور الرسوبية خاصة الغنية بالأصداف البحرية بينما تكون كميات الزئبق في الصخور البركانية منعدمة. وللزئبق خصائص كيميائية مميزة يمكن إيجازها في الآتي :

١- الميل الشديد لتكوين روابط قوية مع الكبريتيد (معدن HgS سينابار الشائع).

٢- تكوين مركبات زئبق عضوي والتي تكون ثابتة نسبياً في الوسط المائي.

٣- قدرته على التطاير.

يترسب الزئبق على سطح التربة سواء من تساقط الغبار المحمل به أو بالرش مع أية محاليل، وتحتجز على الطبقة السطحية للتربة ذات التهوية الجيدة وبالتالي تعتبر إضافة لما هو موجود أصلاً. وتتراوح تركيزات الزئبق في الأرض بين ١٠-٥٠٠ جزء/بليون (ميكروجرام/كجم) بمتوسط ٦٠

جزء/بليون في أراضي السويد و ١٠٠ جزء/بليون في أراضي الولايات المتحدة الأمريكية. وفي دراسة بيئية على ٩١٢ عينة من أرض الولايات المتحدة كانت عينات الأراضي من الجانب الشرقي للولايات المتحدة محتوية على حوالي ٩٦ جزء/بليون أما الجانب الغربي فكانت ٥٥ جزء/بليون. (وقد توجد تركيزات من الزئبق أعلى بكثير من ذلك في بقع محلية من الأرض مثل هضبة كلورادو في أمريكا، وحوض سريما ودونتس في روسيا. وجيولوجياً وجد أنه على طول أحزمة الفوالق يزيد محتوى التربة من الزئبق.

وذكرت الدراسات أن الزئبق المضاف إلى التربة يرتبط بقوة ويحتجز فى الطبقة السطحية سواء على معقدات التربة العضوية أو غير العضوية وتكوين روابط تساهمية معها بالإضافة لتكوين مركبات شحيحة الزوبان مع أملاح الفوسفات والكربونات والكبريتيد ولهذا فإن الزئبق المحتجز فى التربة يعتبر قليل الحركية (الزئبق غير العضوي).

وأظهرت دراسات كمياء الزئبق في الأراضي أن المركب السائد له فى الصورة غير العضوية فى التربة هو هيدروكسيد الزئبق $Hg(OH)_2$ وان إمتصاص الزئبق على أسطح معادن الطين في التربة يعتبر محدود جداً ويختلف قليلاً عند درجات الحموضة المختلفة للتربة. ويسود كبريتيد الزئبق في الأراضي.

ومما سبق يتبين لنا أن مدى تراكم الزئبق على سطح التربة يتوقف على عاملين : الأول : تفاعلات ترسيبه في التربة والثاني : عمليات تكوين معقدات عضوية معه. ولهذا فحركية الزئبق في التربة تتطلب حدوث عمليات تحلل مائي وهدم حيوي لمركبات الزئبق العضوي. وعادة فإن محتوى الزئبق في مياه الصرف يكون منخفض ففي ٣٦ عينة مأخوذة من أراضي مزروعة في

السويد كانت تركيزات الزئبق في مياه صرفها تتراوح بين ٢٠ر-٧٠ر جزء/بليون.

وتحولات مركبات الزئبق العضوي أو ما يسمى عملية الميثانة Methylanation تلعب دوراً هاماً وخطيراً في دورة الزئبق في البيئة. وقد اهتم الباحثين بهذه العملية لأن مركبات ميثيل الزئبق المختلفة الناتجة ذات قابلية عالية للحركة والذوبان وتمتص بسهولة بواسطة الكائنات الحية بما فيها بعض أنواع النباتات الراقية. وميكانيكية عملية الميثنة للزئبق نفسها ليست مفهومة بالكامل حتى الآن وهى ممكن أن تحدث بواسطة العديد من الكائنات خاصة الدقيقة عن طريق تفاعلات حيوية سواء تحت ظروف هوائية أو غير هوائية. وعمليات الميثنة هي المسببة للكوارث البيئية نتيجة سمية الزئبق العضوي العالية. لآن مركبات ميثيل الزئبق تعتبر أكثر مركبات الزئبق تيسراً للنبات والحيوان.

ومصادر تلوث الأرض بالزئبق ترتبط أساساً بعمليات تصنيع المعادن وبعض الكيماويات كذلك مبيدات الفطر المحتوية على زئبق بالإضافة إلى مخلفات المجارى والمخلفات الصناعية التي قد تحتوى على زئبق. ويجب أن نوضح أنه حتى لو كانت الكمية المضافة من الزئبق يمكن إهمالها لصغرها فهي تتراكم في السطح لأن قدرة عمليات الهجرة للزئبق محدودة جداً ولذلك يحدث تراكم للزئبق في سطح التربة تدريجياً. وفى بعض الأراضي عندما تكون درجة الحرارة عالية والتربة ذات قلوية عالية يمكن فقد الزئبق بالتطاير من سطح التربة.

ولعلاج التربة الملوثة بالزئبق ينصح بإضافة المركبات المحتوية على الكبريت وصخر الفوسفات حتى تساعد على تثبيت الزئبق في صورة مركبات غير ذائبة ونعمل على تثبيط نشاطها الكيميائى.

تلوث التربة بالكادميوم:

يتواجد الكادميوم فى الصخور الرسوبية الطفلية الغنية برواسب الأصداف (طفلة بحرية) حيث أنه نظراً لارتفاع ذو بانية الكادميوم فهو مكون طبيعي في الرواسب البحرية. ومن ثم فإن صخور الفوسفات والتي يصنع منها الأسمدة الفوسفاتية تكون محتوية على تركيزات من الكادميوم (شوائب). وقد يصل الكادميوم إلى التربة عند إضافة مبيدات فطرية محتوية على الكادميوم والتي تستخدم دورياً في أراضى الأعشاب ومن وقت لآخر على أشجار الفاكهة. كما يستخدم لمقاومة الديدان المعوية في الماشية وبالتالي تخرج تركيزات من الكادميوم مع فضلات الحيوان والتي تضاف للتربة كسماد بلدى. كذلك يزيد تركيزات الكادميوم على جانبى الطرق حيث يدخل الكادميوم في مطاط الإطارات وفى زيوت المحرك. وأسمدة المجارى مصدر آخر للتلوث بالكادميوم.

والعامل المحدد لمحتوى الكادميوم في التربة هو التركيب الكيميائى لمادة الأصل. ومتوسط الكادميوم في التربة عموماً يتراوح بين ٠٧ر٠-١ر١ ميكروجرام/جم ويعتبر المستوى الطبيعي في الأراضي عموماً لا يزيد عن مستوى ٥ر٠ ميكروجرام/جم والتركيزات الأعلى من ذلك تعكس تلوث للتربة السطحية بالكادميوم. كما يصل الكادميوم إلى سطح التربة عن طريق أيروسولات الكادميوم والتى تنطلق من مصانع تجهيز المعادن والكيماويات

حيث أشارت البحوث إلى أن تساقط الغبار المحمل بالكادميوم يحدث في اتجاه الريح وعلى أبعاد من هذه المصانع. وتركيزات الكادميوم تكون أعلى ما يمكن فى التربة السطحية المجاورة لمناجم الرصاص والزنك خاصة إذا كانت تجرى عمليات صهر واستخلاص المعادن.

ومن العديد من الدراسات عن مصير الكادميوم في الأراضي يمكن القول عموماً أن فاعلية الكادميوم تعتمد بدرجة كبيرة على درجة حموضة التربة ونسبة المادة العضوية وكذلك الأكاسيد السداسية هذه العوامل تتحكم بدرجة عالية في ذوبان وانطلاق الكادميوم فى محلول التربة. أما في التربة القلوية فإن تفاعلات ترسيب الكادميوم هي التي تكون سائدة وتنعدم حركية الكادميوم. بعكس الحال في الأراضي الحامضية (درجة حموضة ٥ر٤-٥ر٥) يكون ذوبانية وحركية الكادميوم عالية.

وعادة يكون تركيز الكادميوم فى محلول التربة منخفض نسبياً من ٢ر٠-٦ميكروجرام/لتر ولكن عند تلوث التربة تزيد الكمية المنطلقة في المحلول الأرضي وقد تصل إلى ٣٠٠ ميكروجرام/لتر .وفى الأراضي المتكونة تحت ظروف المناطق الرطبة يحدث عادة هجر للكادميوم في قطاع التربة ويندر تراكمه على السطح حيث يتم غسيل الكادميوم لطبقات أعمق خلال القطاع الأرضي.

التخلص من الآثار الضارة لتلوث التربة بالمعادن الثقيلة :

أصبحت مشاكل التربة من أصعب المشاكل لأن عملية استعادة الأرض لحالتها الطبيعية ليست سهلة وبطيئة جداً وعادة تصبح مشكلة تلوثها بالمعادن الثقيلة مشكلة مزمنة وأوضحت الدراسات أن التربة تعتبر المقر النهائي (المصرف النهائي) للملوثات مما يسبب تدهور خواصها الكيميائية والحيوية بصفة دائمة . وقد اقترحت العديد من التقنيات لإصلاح الأراضي الملوثة بمخلفات صناعية أو المعادن الثقيلة وحتى يمكن منع تلوث النباتات النامية عليها ويجب الاهتمام بعمليتين:

١ - عملية غسيل العناصر سهلة الذوبان وتثبيت العناصر صعبة الذوبان في التربة.

٢ - عملية التثبيت الحيوي بواسطة الكائنات الدقيقة في التربة.

ويجب الإشارة إلى أن معظم الطرق المقترحة تعتبر مكلفة وليست عملية خاصة فى حالة التلوث الواسع (الإقليمي أو المحلى). فمثلاً إجراء عمليات غسيل التربة بمحاليل استخلاص لعدة مرات أو الإضافات المتكررة من مواد تقلل من أثر التلوث مثل الجير أو تربة غير ملوثة ليست من العمليات السهلة خصوصاً على المجال الكبير. كذلك اقترحت تقنية تغطية التربة الملوثة أو حتى إحلال تربة جديدة محل التربة الملوثة وقد استخدمت بعض هذه الطرق فى بعض المناطق فى اليابان .ومن أهم المركبات التي تستخدم كمصلحات للتربة فى حالات تلوثها بالعناصر الثقيلة، الجير والفوسفات وكذلك المادة العضوية. ويعتقد أن إضافة الجير مثلاً تؤدى إلى رفع درجة القلوية وبالتالي تسود عمليات تثبيت الكادميوم. ولكن ظهرت بعض الأدلة على أنه في مثل هذه الحالة ليس بالضروري أن يؤدى ذلك إلى تقييد حركية بعض العناصر.

فالعناصر التي تتواجد في التربة أساساً على صورة مركبات مخلبية عضوية عادة فى جزئيات كبيرة الحجم ويزيد ذو بانية هذه المركبات بزيادة إضافة الجير كما فى حالة عناصر النحاس والزنك والكروم.

المبيدات الزراعية :

تعتبر المبيدات أحد مستلزمات الإنتاج الزراعي التي تستخدم بهدف تقليل أضرار الآفات والمحافظة علي مستوي الإنتاج وتستورد مصر معظم ما تستهلكه الزراعة من مبيدات ووفقا لبيانات منظمة الأغذية والزراعة ارتفع المتوسط السنوي للمبيدات المستوردة من ٢٣ ألف طن متري خلال الستينيات إلى ما يقرب من ٣١ ألف طن متري سنويا خلال السبعينات وحوالي ٣٨ ألف طن متري في الثمانينيات.

وقد بدأت وزارة الزراعة في تطبيق برنامج المكافحة المتكاملة منذ عام ١٩٨٩ والذي يستهدف ترشيد استخدام المبيدات مع التركيز علي المقاومة اليدوية والمقاومة البيولوجية بأستخدام الفرمونات وذلك لتقليل درجة التلوث البيئي.

المبيدات وتلوث التربة

تتلوث التربة من جراء تساقط المبيدات أثناء رش المحاصيل الزراعية ، أو نتيجة لمعاملة التربة أو البذور بطريقة مباشرة بغرض الوقاية من ، أو مكافحة آفات التربة ، كما أن أوراق الأشجار التي ترش بالمبيدات تسقط علي الأرض حيث يستقر جزء من المبيدات التي علقت بها في التربة، ويؤدي تراكم المبيدات في التربة وزيادة تركيزها أحيانا إلى الحد المؤثر علي نمو وإنتاجية النبات ، أو الكائنات الحية النافعة التي تسكن التربة ، أو يؤدي إلى انخفاض نسبة إنبات البذور ، أو إحداث تشوهات خطيرة للنبات ، ومن جهة

أخري قد تؤثر المبيدات علي التربة من حيث الخصوبة ، والخواص الطبيعية والكيميائية ، ولبعض المبيدات الكلورينية العضوية مثل ' د٠د٠ت ، وسادس كلورور البنزين ' خاصية الثبات الكيميائي في التربة لمدة تتجاوز ثلاثين عاما في بعض الأحيان ، ثم الاتحاد مع مكونات التربة مما يؤثر تأثيرا ضارا علي النبات والتربة معا ، لذا يجب إجراء دراسات مستفيضة لبيان تأثير المبيدات علي التربة٠

ان ظاهرة وجود مبيدات مقاومة للظروف الطبيعية المختلفة أمر غير جديد ، ومن المعلوم في الوقت الحاضر أن عددا من المبيدات الكلورينية مثل د٠د٠ت والديلدرين تشكل ملوثا رئيسيا للبيئة ككل وأن نسبا قليلة من هذه المبيدات توجد في معظم مكونات الأنظمة الايكولوجية المختلفة فحيثما تستخدم مبيدات زراعية فان جزء كبير منها يصل في النهاية إلى التربة التي تكون كمستودع للمبيدات ومنها تنتقل إلى اللافقريات والماء والهواء حيث يتم تكسير جزء منها٠

ولقد عني الباحثون علي مدي سنوات طويلة بدراسة معدل اختفاء المبيدات من التربة ، وتوضح هذه الدراسات مدي ثبات بعض المبيدات عن البعض الآخر ، فمثلا مبيد مثل الالدرين يمكث في التربة لفترات أطول بكثير عن مبيدات أخري مثل الملاثيون والباراثيون والميثيل باراثيون ، وتختلف درجة ثبات المبيد في التربة علي عدة عوامل أهمها نوع التربة ونسبة المادة العضوية بها ذلك لان المبيدات يسهل التصاقها بالمواد العضوية وبذلك تبقي لفترات طويلة دون أن يطرأ عليها تحولات٠

وفي الوقت الذي كانت تستخدم فيه الطرق التقليدية لتحليل متبقيات المبيدات كان يلاحظ دائما فارق بين الكميات المقدرة والكمية الأصلية المضافة

للتربة ولذلك كان يستخدم لفظ ' اختفاء ' أو ' فقد ' لجزء من المادة يعادل الفرق بين المضاف والمقدر من المبيد ، وفي بعض الأحيان كان يعزي الفارق لعدم كفاءة طرق الاستخلاص أو التقدير • وقد ثبت حديثا عندما استخدمت الطرق الإشعاعية لتقدير متبقيات المبيدات أن بعض المبيدات قد تتحد مع مكونات التربة بنسب معينة وبذلك تصبح غير قابلة للاستخلاص بالطرق التقليدية وعليه فلا يمكن تقديرها ، ويتضح ذلك عندما يستخدم مبيد مرقم بواسطة ك -١٤ مثلا فأن المادة التي تتبقى بعد الاستخلاص يمكن تقديرها بالحرق إلى $^{14}CO_2$ الذي يتم تقديره ، وتسمي هذه المتبقيات بالمتبقيات المتحدة

وقد ثبت أن اتحاد المبيدات بالتربة يمكن أن يحدث مع مبيدات قابلة للتكسير مثل الباراثيون ، وعليه فيجب التفرقة بين المبيدات التي تصبح ثابتة كنتيجة لاتحادها مع التربة وبين المبيدات الثابتة أصلا ويمكن استخلاصها من التربة ' أي التي لا تتحد مع مكونات التربة '•

متبقيات المبيدات المرتبطة :

وتتوقف نسبة المتبقيات التي تتحد مع التربة إلى حد كبير على نوع المبيد وخصائصه الكيميائية ، فالمبيدات الكرباميتية والفسفورية تتحد بنسبة أكبر من المبيدات الكلورينية•

كما تختلف نسبة اتحاد المبيدات مع التربة باختلاف نوع التربة ذاتها إذ أن نسبة الاتحاد تكون عالية جدا في التربة الطينية بالمقارنة بالتربة الرملية ، وتقل نسبة الاتحاد باستخدام تربة معقمة ، وفي حالة غمر التربة بالماء ترتفع نسبة الاتحاد لتصل في بعض الأحيان إلى ٩٠٪ من كمية المبيد المستخدمة•

الفصل الخامس

تلوث النبات

مقدمــــة :

النباتات تستطيع أن تختزن العناصر الثقيلة في أنسجتها نتيجة لقدرتها على التوائم مع تغيرات الخواص الكيميائية في البيئة، ولذلك تعتبر النباتات كمستودعات وسيطة والتي يتجمع خلالها العناصر الثقيلة من التربة وجزئياً من الماء والهواء حيث تصل إلى الإنسان والحيوان خلال سلسلة الغذاء.

وكما أوضح (1977) Tiffin أن النباتات قد تعمل كمستقبلات موجبة للعناصر النادرة (سواء بالإمتصاص على الجذور أو التلامس المباشر في التربة أو مع الغبار المتساقط). كما أن النباتات لديها القدرة على التحكم في الإمتصاص الإيجابى أو رفض بعض العناصرعن طريق بعض التفاعلات الفسيولوجية المناسبة. ولهذا أصبح واحد من أهم مشاكل البيئة المتعلقة بتراكم كميات من العناصر الثقيلة في أجزاء النبات والتي تستخدم كغذاء. ويجب إعطاء إهتمام خاص بأشكال وتوزيعات هذه العناصر داخل أنسجة النبات نفسه لأن صور مركبات العناصر في النبات يبدو أنها تتحكم في مدى إنتقال هذه العناصر إلى أعضاء أخرى أو إلى الكائنات الأخرى.

وقد أوضحت العديد من الدراسات التأثير الضار لزيادة تركيزات المعادن الثقيلة في محلول التربة والتي لها تأثير عكسي على محصول النبات. ولكن الأخطر من ذلك هو التأثيرات الضارة على صحة الإنسان والحيوان نتيجة تلوث النباتات بالمعادن الثقيلة ، هذا الموضوع ورد في كثير من مراجع الصحة العامة والبيئة الصحية.

ومن الجدير بالذكر أن كل حالة تلوث النبات بعنصرما يكون فريداً تحت ظروف بيئية معينة ويجب أن تُدرس على حدة بالتفصيل فى الطبيعة وليست فى تجارب بحثية تحاكى الطبيعة لإأن هذه التجارب لا يمكن ربطها بما يحدث

في النظم الطبيعية ، فعلى سبيل المثال لوحظ أن إمتصاص العناصر الثقيلة بواسطة الخس والبصل النامية على تربة طبيعية تكون أقل بكثير من تلك التى تنمو في تجارب الصوب أو حتى القطع التجريبية المتحكم فى ظروفها.

والمعادن الثقيلة التي تدخل أنسجة النبات بصورة نشطة خلال عمليات التمثيل الحيوى وقد يتم تخزينها في صورة مركبات غير نشطة في الخلايا أو أغشيتها ، ولكن على أية حال فهي قد تؤثر في التركيب الكيميائى للنبات وأحياناً دون أن يظهر أى ضرر واضح على النبات نفسه.

مصير المعادن الثقيلة ودورها فى النبات :

يتوقف على العمليات الآتية :

١) الإمتصاص والإنتقال بواسطة النبات.
٢) العمليات الأنزيمية داخل النبات.
٣) تركيزات المعادن الثقيلة والصور المختلفة التى يوجد عليها.
٤) حدود النقص والسمية.
٥) التنافس الأيونى والأثر المتبادل.

هذه المواضيع نسبياً مفهومة جيداً في حالة بعض العناصر المغذية الصغرى مثل الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس ، ولكن مازلنا نحتاج لدراسات أكثر لفهم باقي العناصر النادرة وعلاقتها بالنبات. وينبغي القول أن تأثر النباتات أو رد فعلها لأى جهد كيميائى سواء نقص عناصر أو زيادة مستوياتها ليس من السهل تحديدها لإن النباتات خلال تطورها البيولوجى في الحياة طورت العديد من ميكانيكيات الكيماويات الحيوية والناتجة من التكيف أو مقاومة التغيرات الكيميائية الناتجة عن البيئات غير المتوازنة كيميائياً. ولهذا فيختلف تأثير إستجابة النبات لمستويات المعادن الثقيلة سواء في التربة

أو الهواء ويجب دراسته على حدة لكل نظام (تربة – نبات). وعموماً يعكس التركيب الكيماوى للنباتات التركيبة العنصرية لوسط النمو ولكن هذه العلاقة تختلف كثيراً وفقاً للعديد من العوامل المختلفة التي تتحكم فيها كما سبق أن ذكرنا .

أولاً : الإمتصاص :

أهم العوامل المحددة على مدى التيسر الحيوي للعناصر النادرة هو إرتباطها مع مكونات التربة ، حيث تميل النباتات عموماً لإمتصاص العناصر الذائبة في محلول التربة سواء في صورة أيونية أو في صورة مخلبية أو معقدات عضوية ، ويمكننا تلخيص أهم الملاحظات الناتجة من دراسات إمتصاص العناصر من المحاليل المغذية:

١) يحدث الإمتصاص عند تركيزات منخفضة من العنصر في المحلول ويتوقف كمية الإمتصاص على التركيز.
٢) معدل الإمتصاص يعتمد على تواجد أيون الهيدروجين والأيونات الأخرى.
٣) تختلف شدة الإمتصاص بإختلاف نوع النبات ومرحلة النمو.
٤) عملية الإمتصاص بواسطة النبات حساسة للعديد من الخواص البيئية في التربة مثل درجة الحرارة والتهوية وجهد الأكسدة والإختزال.
٥) قد تكون عملية الإمتصاص إختيارية لبعض الإيونات.
٦) تراكم بعض الأيونات قد يتم عكس التدرج في التركيز.
٧) تلعب الكائنات الدقيقة خاصة الميكروهيزا دوراً هاماً في تدوير العناصر بين الوسط الخارجي وجذور النباتات.

والإمتصاص بواسطة الجذور هو الممر الرئيسي للعناصر إلى النبات ولكن هناك قدرة لبعض الأنسجة النباتية الأخرى في إمتصاص المغذيات (مثل الأوراق) وكذلك العناصر النادرة.

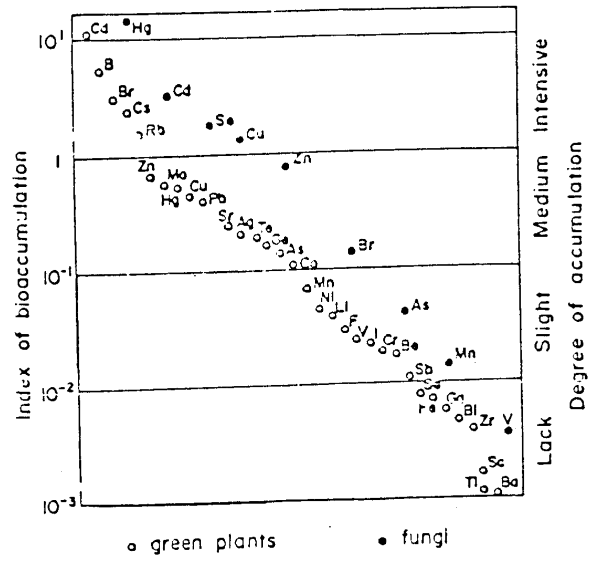
أ) الإمتصاص بواسطة الجذور :

إمتصاص العناصر بواسطة الجذور قد يكون إمتصاص سالب (غير حيوي) أو إمتصاص نشط (حيوي) وهناك عدم توافق ونتائج متضاربة في المراجع عند تحديد ميكانيكية إمتصاص لعنصر معين ، ولكن بالرغم من هذه التناقضات ففي كل حالة أمكن إيجاد علاقات قوية موجبة بين الكمية الممتصة بواسطة النبات والكمية المتاحة من العنصر على سطح الجذور (فى وسط النمو). ويمكن تعريف الإمتصاص السالب بأنه إنتشار الأيون من الوسط الخارجى فى المحلول إلى طبقة قشرة الجذور ، في حين أن الإمتصاص النشط يتطلب طاقة حيوية تحدث عكس التدرج فى التركيز. وتشير الدراسات أنه عند التركيزات المنخفضة جداً للعنصرفي محلول التربة (تربة غيرملوثة) فإن إمتصاص العناصر النادرة يكون أساساً بواسطة الإمتصاص الحيوي النشط. والميكانيكية التي يتم بها إمتصاص العناصر بواسطة الجذور كما هو معروف تتضمن العمليات الثلاثة الآتية :

١) التبادل الكاتيونى بواسطة الجذور.
٢) الإنتقال داخل الخلايا بواسطة مركبات مخلبية أو الحوامل.
٣) تأثيرات منطقة الريزوسفير (منطقة الجذر).

فمثلاً العناصر المدمصة على سطوح معادن الطين تكون ميسرة للإمتصاص بواسطة الجذور الملامسة لها بينما العناصر المرتبطة بالأكاسيد أو بالكائنات الدقيقة تكون أقل تيسراً للنبات. والأيونات والمواد العضوية المنطلقة من الجذور في منطقة الريزوسفير تلعب دوراً كبيراً في تيسر وإمتصاص العناصر بواسطة الجذور. وكما هو معروف فإن التغيرات في درجة الحموضة في منطقة الريزوسفير تلعب دوراً هاماً في معدل تيسير العناصر للنبات.

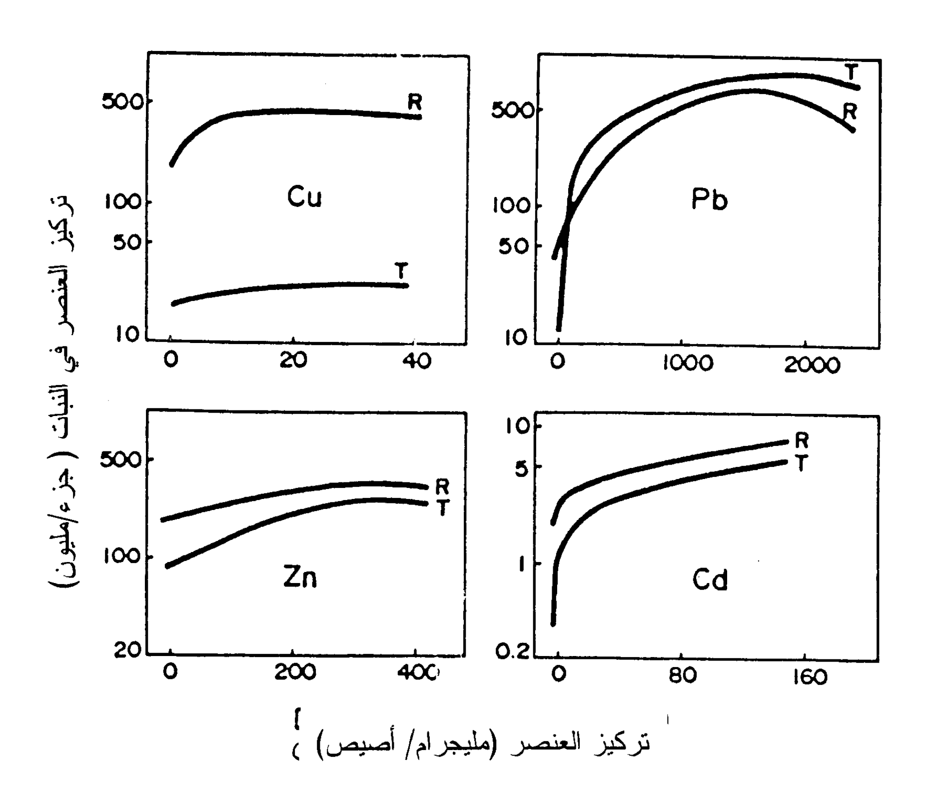
وقدرة النباتات المختلفة على إمتصاص العناصر الثقيلة أو النادرة تختلف بدرجة كبيرة من نوع الى آخر ولكن يمكن من دراسة دليل التراكم عموماً للعناصر أن نحصل على إتجاه عام واضح. فمثلاً عناصر الكادميوم والبروم والبريليوم والسيزيوم والرابيديوم يمكن إمتصاصها بسهولة بواسطة النباتات بينما الباريوم والتيتانيوم والزركنيوم والسكانديوم والجاليوم وإلى حد ما الحديد والسلينيوم أقل تيسراً ، وهذا الإتجاه العام طبعاً يتوقف على نظام (نبات – تربة) فمثلاً الفطريات وهى نباتات غير خضراء لها قدرة عالية جداً على إمتصاص وتراكم لبعض العناصر الثقيلة مثل الزئبق والكادميوم والنحاس والزنك. كما هو واضح من الرسم (شكل ٦).



شكل (٦) : يوضح التراكم الحيوي للعناصر النادرة بواسطة النباتات.

ب) الإمتصاص بواسطة الأوراق :

التيسر الحيوي لبعض العناصر النادرة من مصادر هوائية خلال أوراق النبات لها أهمية معنوية خاصة كمصدر لتلوث النباتات وكذلك عند التسميد الورقي للنبات خاصة للمغذيات الصغرى مثل الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس. وإمتصاص العناصر عن طريق الأوراق يكون فى غاية الخطورة والأهمية فى حالة إمتصاص المواد الدشعة والمنطلقة في الجو كنتيجة لتجارب الأسلحة النووية أو المتسربة من محطات القوى النووية أو حادث نووى (مثل إنفجار مفاعل تشرنوبل فى روسيا) . وقد أشارت الدراسات الى أن كميات معنوية من الزنك والحديد والكادميوم والزئبق أُمتصت بواسطة الأوراق . ويعتقد أن الإمتصاص عن طريق الأوراق يتكون من مرحلتين الأولى مرحلة غير حيوية وفيها يحدث تغلغل خلال طبقة البشرة في الورقة وهى المدخل الرئيسى. وفى المرحلة الثانية حيث ميكانيكية حيوية والتى تعمل على تراكم العناصر عكس التدرج في التركيز ، ثم يحدث إنتقال الأيونات خلال البلازما ومنها الى البروتوبلاست. وقد لوحظ أن المعادن النادرة المأخوذة عن طريق الأوراق يمكنها الإنتقال خلال أنسجة النبات من عضو إلى عضو حتى إنها قد تصل الجذور حيث تتراكم وتُخزن فيه. ويتوقف معدل حركة العناصر بين أنسجة النبات على نوع العضو النباتى وعمره وطبيعة العنصر نفسه، وعلى سبيل المثال أوضحت النتائج كما فى شكل (٧) أن الكادميوم والزنك والرصاص والتى إمتصت بواسطة الـ Brome grass كانت قليلة الإنتقال من القمة الى الجذور فى حين كان النحاس أكثر حركية وإنتقل الى جذور النبات.



شكل (٧) : يوضح توزيع المعادن الثقيلة (من مصادر هوائية) بين السوق والجذور في حشيشة الـ Brome.

ويمكن القول أنه قد يفقد جزء من العنصر الممتص عن طريق الأوراق بالغسيل بمياه الأمطار من الأوراق نفسها وتختلف العناصر فيما بينها في مدى سهولة غسيلها من الأوراق حسب طبيعة وظائفها أو إرتباطها الحيوي، فمثلاً وجد أن الرصاص من السهل إزالته بالغسيل من الأوراق ويعتقد أنه يكون لدرجة كبيرة فى صورة ترسيبات سطحية على سطح الورقة. وعلى النقيض الكميات الصغيرة التى أمكن غسلها من عناصر الكادميوم والزنك والنحاس تدل على أن هذه العناصر تتغلغل داخل أوراق النبات أكثر منها فى حالة الرصاص. ويزيد معدل الغسيل من الأوراق إذا كانت مياه الأمطار حامضية ويرجع ذلك إلى عملية التبادل الكاتيونى حيث يحل أيون الهيدروجين الذائب فى مياة الأمطار محل العنصر المدمص على بعض المواقع في طبقة البشرة بالأوراق.

الإنتقال داخل النبات :

يتوقف إنتقال الأيونات داخل أنسجة النبات على العديد من العمليات أهمها :

١) الحركة داخل الخشب.

٢) الحركة داخل اللحاء.

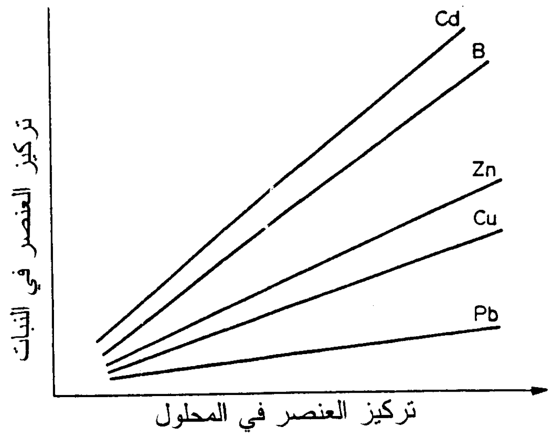
٣) التخزين والتراكم أو تقييد حركة العنصر.

والروابط المخلبية ذات أهمية كبرى في التحكم فى إنتقالية الكاتيونات داخل النباتات. وهناك أيضاً العديد من العوامل التي تتحكم في الإنتقالية مثل درجة الحموضة، حالة الأكسدة والإختزال ، الكاتيونات المنافسة، التحلل المائى، تكوين المركبات المعقدة كبيرة الجزئيات (البلمرة) أو تكوين أملاح شحيحة الذوبان (مثل الفوسفات والأكسلات ... وخلافه).

وتختلف الطريقة التي ينتقل بها العنصر ويتراكم وفقاً للعديد من العوامل الأخرى مثل نوع العنصر نفسه (حيث وجد أن الزنك مثلاً غالباً يكون مرتبط بمركبات عضوية في حين أن المنجنيز كان غير مرتبط بمعقدات) ، نوع النبات وموسم النمو. ففي دراسة عن إنتقالية الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس فى نباتات الشعير وجد أن الحديد والمنجنيز كانا أقل توزيعاً وحركية من الزنك والنحاس واللذان توزعا فى صورة متجانسة خلال أنسجة النبات. وتشير العديد من التقارير عموماً بتراكم المعادن الثقيلة في جذور النباتات وتقييد حركيتها خاصة إذا كانت الكميات الميسرة منها كافية.

التيسر :

أوضحت معظم الدراسات للعديد من أنوع النباتات أن هناك علاقة خطية بين تركيزات العناصر الممتصة بواسطة النبات وتركيزات هذه العناصر في محلول التربة أو المحلول المغذى ، كما فى الشكل رقم (٨).



شكل رقم (٨) : يوضح إمتصاص العناصر النادرة بواسطة النباتات كدالة لتركيزها في المحاليل المغذية.

ومن الدراسات العديدة لعلماء كمياء الأراضى وتغذية النبات ثبت أن العلاقات الموجبة المعنوية تكون بين محتوى النبات من العنصر وتلك الميسرة في المحلول الأرضي وليس الكمية الكلية منه في التربة أو حتى الكمية الذائبة أو المستخلصة ، ولهذا فمن الأهمية بمكان إستخدام طرق واقعية لإستخلاص العنصر بنفس أسلوب النبات بحيث تكون ممثلة لما هو ميسر للنبات. ووضعت العديد من طرق الإستخلاص والتى يمكن إستخدامها في إختبار وتشخيص التربة وأكثر الشائع من هذه الطرق يتوقف على إستخدام عامل مخلبى أو معقد أو مستخلص حامضي لعنصر معين ، وإستخدام طرق لإستخلاص صور معينة للعنصر أو ما يسمى تصنيف أشكال العنصر في التربة (صورة ذائبة، متبادلة، مرتبطة عضوية، ميسرة، غير ذائبة) قد تُعطى صورة عن خصائص العنصر في نظام (تربة – نبات) معين ولكن لا يمكن تعميمها على كل الأرض مثلاً. ويجب ألا ننسى أن خصائص النبات نفسه من أهم العوامل التى تحدد مدى التيسر الحيوى لعنصر ما والتى تختلف إختلافاً كبيراً بإختلاف ظروف الأرض والنبات. ولهذا فحتى يمكن تقييم الكميات الميسرة من العناصر النادرة أو الثقيلة فإنه يجب إستخدام كلا من إختبارات التربة مع تحليل النبات معاً للحكم على مدى تيسره وإمتصاصه بواسطة النبات.

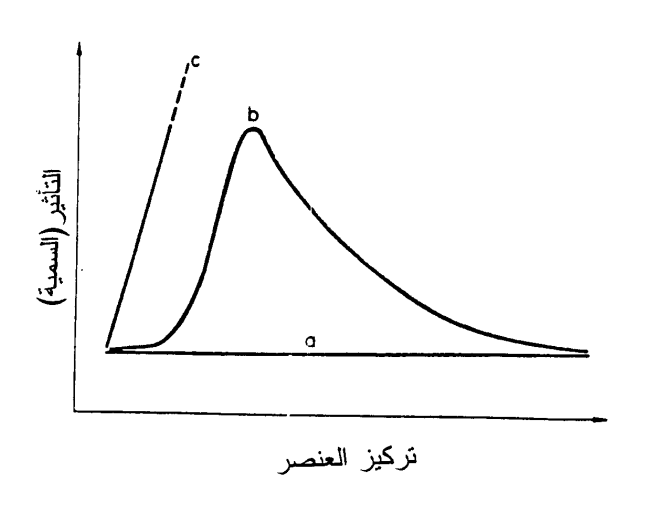
وهنا يجب أن نذكر أن طرق أخذ عينات من الحقل ، لكل محصول، ولكل جزء معين من النبات وعند نفس مرحلة النمو يجب أن توحد قياسياً حتى يمكن أن نحصل على نتائج متوافقة والتي يمكن تصنيفها إلى مراحل نقص العنصر، كفاية العنصر، زيادة العنصر أو سمية العنصر للنباتات. وطرق إختبارات التربة والنبات المعروفة حالياً ليست ذات كفاءة مرضية في

تحديد المستويات التي تسبب أعراض نقص فى نمو محاصيل النبـات أو حتـى للتفريق بين المستويات الضارة ومستويات الزيـادة والكفايـة للنبـات . وجـدول رقم (٢٤) يوضح التركيزات التقريبية لبعض المعادن في أنسجة أوراق النبات عموماً. وحتـى الآن ثبـت أن حوالـي عشـرة عنـاصر مـن العنـاصر النـادرة ضرورية لنمو النباتات بصورة صحية وتعتبر أساسية لكل النباتـات. وبعـض العناصر ثبت أنها ضرورية لأنواع خاصة مـن النباتـات فقط وأظهـر بعضـها قدرة تشجيعية على عملية النمو ولكن لم يتم فهم وظيفتهـا والـدور الـذى تلعبـه في العمليات الفسيولوجية داخـل النبـات بالكـامل ، والظـاهرة العامـة للعنـاصر النادرة أنه بالرغم أن النبات قد يحتاجها بكميات صغيرة إلا أن أى زيـادة فـي تركيزاتها قد تسبب سمية للنبات وإعاقة للنمو.

جدول رقم (٢٤) : يوضـح تركـيزات المعـادن الثقيلـة فـى أوراق النبـات الناضجة (متوسطات عامة) جزء/مليون

العنصر	نقص	كفاية	زيادة أو سامة
ارسينيك	–	١-٧ر١	٥-٢٠
كادميوم	–	٥٠ر٠-٢ر٠	٥-٣٠
كوبلت		٠٢ر-١	١٥-٥٠
كرميوم		١ر٠-٥ر٠	٥-٣٠
نحاس	٢-٥	٥-٣٠	٢٠-١٠٠
منجنيز	١٥-٢٥	٢٠-٣٠٠	٣٠٠-٥٠٠
نيكل	–	١ر٠-٥	١٠-١٠٠
رصاص	–	٥-١٠	٣٠-٣٠٠
زنك	١٠-٢٠	٢٧-١٥٠	١٠٠-٤٠٠
زئبق	–	–	١-٣

كما يختلف سلوك النبات حسـب مقاومتـه وإحتمالـه لسـمية العنصـر مـن صنف الى صنف كما فى الشكل رقم (٩) حيث يتضح أنه فى بعض أصنـاف النباتات ذات الإحتمال العالى لسمية العنصر لايحدث أى تغيير فى نمو النبـات كما فى منحنى (a) ، وفى بعـض أصنـاف نباتيـة أخرى قد يحدث إسـتجابة موجبـة عنـد زيـادة العنصـر مـن مرحلـة النقص الـى مرحلـة الكفايـة وتكـون إستجابة متزايدة حادة ثم تسـبب أى زيـادة أخرى للعنصـر نقص حـــاد فـى النمو كما فى منحنى (b) . أما النباتات غير المقاومة فـإن السـمية تظهـر عنـد مستويات قليلة من العنصر كما في المنحنى (c).



شكل رقم (٩) : يوضح إختلاف الأصناف النباتية في تحملها لسمية العناصر النادرة.

والعناصر النادرة الأساسية للنبات هي تلك التى لايمكن إستبدالها بأخرى لتقوم بدور كيماوي حيوي والتي لها تأثير مباشر على الكائنات والتي بدونها لايمكن للأخيرة أن تنمو أو تتم دورة تمثيل أيض (عمليات فسيولوجية). أما العناصر غير الأساسية والتى يعتقد أن لها بعض الفوائد للنبات وهى التى يتطلبها النبات بكميات صغيرة جداً (ميكروجرام/كجم - ننوجرام/كجم). وقد صنفت العناصر طبقاً لوظيفتها وصور كل عنصر في الكائنات الحية وفقاً للمعلومات المتوفرة حالياً الى خمسة مجموعات.

١) عناصر بنائية وهي المعادن التى تدخل في المواد البنائية لخلايا النبات مثل السليكون والحديد وبعض الباريوم والإسترانشيوم.

٢) عناصر تدخل في العديد من مختلف الجزئيات الصغيرة المتنوعة داخل خلايا النبات مثل المضادات الحيوية والبرافيرنز مثل أرسينيك بورن، نحاس ، كوبلت ، فلور - حديد - زئبق - يود - سلينيوم - سليكون وفانديوم.

٣) عناصر تدخل فى جزئيات كبيرة أساسها البروتينات والأنزيمات حيث تعمل كعامل مساعد مثل الكوبلت والكرميوم والنحاس والحديد والمنجنيز والموليبديم والسلينيوم والنيكل والزنك.

٤) المعادن المثبتة فى جزئيات كبيرة مخزنة أو منقولة وغير معروف لها وظيفة مثل الكادميوم والكوبلت والنحاس والحديد والزئبق واليود والمنجنيز والنيكل والسلينيوم والزنك.

٥) المعادن المرتبطه بعضو معين في الخلية (مثل الميتاكوندريا والكلوروبلاست) مثل النحاس والحديد والمنجنيز والموليدينيم والزنك.

ومن الدراسات الفسيولوجية العديدة يمكننا تلخيص دور العناصر النادرة في أنها تلعب دور في عمليات التنفس والتمثيل الضوئي أو تثبيت وتركيب بعض المغذيات الكبرى مثل النتروجين والكبريت. ويعرف عن عناصر المجموعة الإنتقالية بأنها تنشط الأنزيمات لأنها تسهل عملية إنتقال الإلكترونات بين المجاميع الفعالة للأنزيم (مثل النحاس والحديد والمنجنيز والزنك) أيضاً تحفز تغيرات التكافؤ في المادة (الخاضعة لعملية فسيولوجية) مثل عناصر النحاس والكوبلت والحديد والموليبديويم. وقد وردت بعض التقارير عن علاقة بعض المعادن في حماية بعض النباتات من التجمد أو الجفاف الشديد في بعض الأصناف مثل (الألومنيوم، النحاس، الكوبلت، المنجنيز، الزنك).

وتشير بعض الدراسات إلى دور العناصر وإحتياجات أنواع النباتات منها، حيث أنه إذا كانت الكميات المتاحة من العنصر المغذى غير كافية فإن نمو النبات يكون غير طبيعي أو يتقزم النمو وتتوقف عمليات التمثيل الغذائى ، وبالرغم من أن أعراض النقص تختلف من نبات الى آخر ولكن يمكننا عموماً القول بأن أهم الأعراض هو ظهور الإصفرار وبالرغم من أن الأعراض المرئية مهمة في تشخيص النقص ولكنها قد لاتظهر إلا بعد حدوث خلل في عمليات التمثيل الحيوي ومايتلوها من نقص في النمو والمادة الحية. وإقترح بعض العلماء بأنه يجب إستخدام دلائل بيوكميائية مثل قياسات الأنشطة الأنزيمية في التعرف على نقص العناصر من عدمه حيث ترتبط أنشطة بعض الأنزيمات بمستويات النحاس والحديد والموليبدنيوم في أنسجة النباتات. ولكن يعيب هذه الطريقة الصعوبات الفنية في قياسات الأنشطة الأنزيمية وتعدد العوامل المتغيرة المؤثرة عليها. وتستخدم طرق قياس

تركيزات العناصر في الأرض والنبات كوسيلة شائعة لتشخيص موقف العنصر (كافى – حرج – نقص – سمية). وهناك العديد من المراجع التي تشخص مواقف كل عنصر في النباتات المختلفة حسب نوع النبات والصنف والعمر وكيمياء العنصر نفسه.

ويحدث خلل في التمثيل الحيوي للنبات سواء لنقص في العناصر المغذية الصغرى أو وجود زيادة منها وعموماً تكون النباتات أكثر حساسية عند نقص العنصر وتكون أكثر مقاومة عند زيادة تركيز العنصر. وبالرغم من أن كثير من الدراسات تمت عن تأثير الزيادة في تركيز هذه العناصر والسمية الناتجة عنها إلا أن هذه الظواهر ليست مفهومة بالكامل لكل أنواع النباتات تحت الظروف البيئية المختلفة ويمكننا وضع بعض الخطوط الأساسية لهذه الظواهر وفقاً لما يلى :

١) تغيرات في نفاذية غشاء الخلية مثل الفضة والذهب والبورون والكادميوم والنحاس والفلور والزنبق واليود والرصاص واليورانيوم.
٢) التفاعل مع مجموعات الـ Thiol وتثبيطها بكاتيونات الرصاص والزئبق والفضة .
٣) التنافس على المواقع الفعالة والضرورية لعمليات التمثيل الحيوى (الأيض) وتقييدها خاصة الزرنيخ والسيلنيوم والتيتانيوم والفلور.
٤) الميل إلى التفاعل مع مجاميع الفوسفات والمجاميع الفعالة في مركبات ADP and ATP والضروريين للعمليات الفسيولوجية الحيوية لدورة الطاقة حيث تقوم معظم العناصر الثقيلة والمعادن الأرضية بإحباط هذه المجموعات النشطة.
٥) الإحلال محل بعض الأيونات الأساسية (عناصر كبرى مثل الكالسيوم والمغنسيوم والنتروجين والبوتاسيوم ... الخ) حيث يتضاد معها السيزيوم والليثيوم والرابيديوم والإسترانشيوم والسلينيوم.

٦) إحتلال المواقع الفعالة للمركبات الأساسية الحيوية مثل الفوسفات والنيترات وتكوين زرنيخات – فلورات – وبورات – تنجستيت ... الخ).

ونجد أن سمية العناصر الثقيلة في الكثير من البحوث تتوقف على العديد من العوامل البيئية (أرض – نبات – ماء) ولكننا يمكن أن نجزم بأن هناك علاقات قوية مؤكدة وواضحة بين السمية والعوامل الأربعة الآتية:

١) خاصية إجتذاب الألكترونات (لكل ذرة عنصر).
٢) حاصل الإذابة لمركب كبريتيد العنصر.
٣) مدى ثبات المركبات المخلبية للعنصر.
٤) مدى التيسر الحيوى.

وبالرغم من الإختلافات الواسعة في النتائج عن مدى سمية العناصر الثقيلة فإنه يمكننا أن نقول أن أكثر هذه العناصر سمية للنباتات الراقية والكائنات الدقيقة هي الزئبق والكادميوم والرصاص والنيكل والكوبلت والنحاس ويحتمل أيضاً عناصر الفضة والبريليم.

وبالرغم أن النباتات يمكن أن تتكيف سريعاً مع الجهد الكيميائى ولكنها أيضاً قد تكون حساسة لزيادة تركيز عنصر معين. والتركيزات الهامة لكل عنصر تختلف من نبات إلى آخر وتعتمد على عوامل كثيرة ، وحتى أعراض السمية على النباتات تختلف من نوع نبات إلى آخر وحسب عمر النبات نفسه ، والظاهرة العامة للسمية هو إصفرار الأوراق أو ظهور بقع بنية على الأوراق والعروق كذلك تقزم الجذور.

وقد لوحظ أن النباتات الدنيئة يمكنها أن تتكيف وتعيش مع تركيزات عالية سامة لبعض العناصر الثقيلة في حين تعتبر النباتات الراقية أقل تحملاً ومقاومة للتركيزات العالية منها ، ولكن بعض النباتات الراقية تستطيع أن تجمع كميات من هذه العناصر من الأراضى الملوثة بالمعادن الثقيلة دون أن

يظهر عليها أى آثار للسمية وهذا ما أطلق عليه قوة التحمل والمقاومة للنباتات. وقد أظهرت النتائج أن بعض أصناف النباتات الراقية والتى لديها قوة إحتمال لبعض العناصر الثقيلة تنتمى للعائلات الآتية : Cruciferae, Caryophyllaccae, Cypereaceae, Gramineae, Leguminosae, Chenopodiaccae. وجدول(٢٥) يوضح أقصى تركيزات يمكن تراكمها داخل بعض أصناف النباتات.

جدول رقم (٢٥) : يوضح بعض اصناف نباتية ذات القدرة علي امتصاص تركيزات عاليه من المعادن الثقيله.

العنصر	النسبه	نوع النبات
نيكل زنك	أكبر من ١٠٪	Alyssum Bertolonii Thaspi Calaminare
كروم كوبلت نيكل سيلينوم استرانيوم يورانيوم	١-٣٪	Pimelea suteri Crotalaria cabaltica Alyssum bertolonii Astragolus racemosus Arabis stricta Uncinia lepostachya Coprosma arborea
نحاس زئبق زنك	١و-١٠٠٪	Becium homblei Ebtula papyrifera Equisetum arvense

وتعذو قدرة النباتات على الإحتمال والمقاومة على العديد من عمليات التمثيل الحيوي الداخلية مثل :

١) الإختيارية في إمتصاص الأيونات.
٢) نقص نفاذية الأغشية أو إختلاف تركيب ووظيفة هذه الأغشية من نوع إلى نوع.

٣) تقييد حركية الأيونات في أماكن تجميع فـي الجـذور أو السـوق أو البذور.
٤) إزالة الأيون من العمليات الحيوية عن طريق ترسيبها وتثبيتها فـي صورة غير ذائبة.
٥) التغيير في نموذج العملية الحيوية نفسها للتغلب على الأثر الضـار للأيون وذلك عن طريق زيادة كميات النظام الأنزيمى الذى حـدث له تثبيـط نتيجـة لوجـود ايـون معيـن أو زيـادة العمليـات المضـادة للمركب المتراكم أو إجراء بعض العمليات الفسيولوجية بطـرق أخرى لتفادى المواقع التي تم تثبيطها بفعل الأيون الضار.
٦) التكيف مع العنصر السام وإحلاله في عملية فسيولوجية انزيمية.
٧) التخلص من العنصر السام أما بالغسيل من علـى الأوراق أو مـن أطراف الجذور كذلك بعمليتى التدميع والإفرازات من الأوراق أو مناطق البراعم.

وعموماً مازالت هناك الكثير من النقاط في حاجة لتوضيح الكيفيـة التـي تقاوم بها النباتات التركيزات العاليـة مـن العنـاصر السـامة. وهذه التراكمـات العالية داخل بعض أصنـاف النباتـات تـؤدى الـى أخطـار جسيمة علـى صحـة الإنسان لآنها ستكون الخطوة الأولى للدخول في سلسلة الغذاء.

الأثر المتبادل :

يتوقف النمو المناسب والطبيعى للكـائن الحـي علـى التـوازن الكيميـائى. والأثر المتبادل بين العناصر الكيميائية يلعب دوراً هاماً في هذا الإتزان ، وقـد يسبب نقص أو سمية لعنصر معين وبالتـالى يؤثـر فسيولوجياً علـى النباتـات. والأثر المتبادل قد يكون إمـا تضـاد بيـن عنصريـن أو أكـثر أو تشـجيع وحـث بينهم ولذلك فإن عدم إتزانهم داخل النبـات تضـع جهد كيمـاوي علـى النبـات. ويحدث التضاد عندما يكون التأثيرالفسيولوجي المتراكم لعنصرين أو أكثر أقل من مجموع تأثير كل عنصر على حدة ويقـال أن التـأثير مشـجع عندمـا يكـون التأثير المجمع لهذين العنصرين أكبر من تأثيرهم منفردين. ويتوقف تأثيرالأثر

المتبادل على العديد من تفاعلات متغيره ، وحسب عوامل الظروف البيئية ويمكن أن تحدث داخل خلية النبات أو خلال أسطح أغشية الخلية أو حول جذور النباتات. وبالرغم من عدم التفهم الكامل لميكانيكية التضاد والتشجيع بين العناصر فقد توصل البُحاث الى كثير من تفاعلات الأثر المتبادل بين العناصر الكبرى والصغرى والدراسات أوضحت أن طبيعة هذه التفاعلات معقدة وليست بسيطة. حيث يظهر لنا أن معظم هذه التفاعلات تحدث بين الكالسيوم أو الماغنسيوم أو الفوسفور مع بقية العناصر الآخرى حيث تعمل على تثبيط إمتصاص وتمثيل العديد من العناصر ويحدث ذلك بطريقتين إما أن أحد العناصر الكبرى تثبط إمتصاص أحد العناصر الصغرى أو أن يحدث العكس ، ولعله من الجدير بالذكر أن ظاهرة التضاد قد تكون مفيدة لمنع الضرر على الصحة نتيجة تلوث البيئة بمعادن ثقيلة مثل الكادميوم والرصاص والنيكل وذلك بإضافة كالسيوم أو فوسفور مما يثبط من إمتصاص العناصر الخطرة الثقيلة. وأكثر تفاعلات التضاد تحدث لعناصر الحديد ، المنجنيز ، النحاس، الزنك وهى كما نعلم عناصر أساسية في العمليات الفسيولوجية داخل النبات لإرتباطها بعمليات انزيمية والأنشطة الأنزيمية ، كذلك هناك عناصر اخرى يحدث لها تضاد مثل الكروميوم – المولبيدويم – السلينيوم.

تلوث النباتات بالرصاص :

هناك ميكانيكيتين لتلوث النباتات بالرصاص إما عن طريق الإمتصاص بواسطة الجذور أو الإمتصاص من خلال الأوراق ، وعند دخول الرصاص داخل أغشية النبات فإنه عادة يحتجز بواسطة أغشية جدار الخلية أو الميتاكوندريا أو خلال الكلوروبلاست ، وحيث أن الرصاص يعتبر ملوث كيميائى رئيسى للبيئة فقد إهتم العلماء في كثير من بلاد العالم على قياس

كمياته وتركيزاته في النباتات الخضراء والمواد الغذائية حيث تشير التقارير أنه فى خلال العقود الأخيرة قد بات واضحاً زيادة تركيزات الرصاص كنتيجة للأنشطة الصناعية المتزايدة بواسطة الإنسان. وأكد الباحثين أن المعلومات عن محتوى النباتات من الرصاص لابد من تتبعها وحفظها مع الإهتمام بأخذ عينات من مناطق غير ملوثة على إمتداد العالم وذلك للمساعدة على تفهم مشكلة التلوث بالرصاص وإتجاهاتها المستقبلية. ويؤثر العديد من العوامل البيئية على محتوى النباتات من الرصاص مثل مادة الأصل في التربة، مصدر التلوث والتغيرات الموسمية بالإضافة لقدرة الصنف الوراثى من النبات أو المحاصيل على إمتصاص وتراكم الرصاص داخلها. ويمكن القول أن المحتوى الطبيعى للنباتات من الرصاص (في مناطق غير ملوثة) تتراوح بين ١ر٠–١٠ جزء/مليون بمتوسط عالمي يقدر بـ ٢ جزء/مليون. وخلال العشر سنين الأخيرة تواردت التقارير بأن متوسط تركيزات الرصاص في الأجزاء الصالحة للاكل من النبات تتراوح بين ٠٠١ر٠ إلى ٠٨ر٠ في المليون (وزن طازج) أو من ٠٥ر٠ – ٣ جزء / في المليون (وزن جاف) ، ولوحظ أن النباتات لديها القدرة على إمتصاص الرصاص من مصدرين هما التربة والجو بالرغم أن عنصر الرصاص يعتقد أنه أقل تيسراً للنبات والاكثر تراكماً في أنسجة الجذور ، وهناك أصناف من النباتات عديدة يمكنها التلائم مع تركيزات عالية من الرصاص في البيئة النامية عليها وأكثرها النباتات الورقية (خاصة الخس) لديها القدرة على تراكم تركيزات الرصاص داخل أوراقه في المناطق شديدة التلوث إلى ١٥ر٠٪ رصاص وزن جاف.

تلوث النباتات بالزئبق :

حديثاً تم الإهتمام بدراسة وتوزيع الزئبق في أجـزاء النبـات لتفهم كيفيـة إنتقال الزئبق إلى سلسلة الغذاء وبالتالي وصولـه الـى الانسـان. وقد تـم تقدير المستويات العادية في الخضروات والفاكهة حيث تراوحت بيـن ٦ر٢ الـي ٨٦ جزء في البليون (وزن جاف) أو ٦ر٠ الـي ٧٠ جـزء فـي البليـون (وزن رطب). أما تركيزات الزئبق في نباتات المراعي مثل البرسيم والألفالفا فيبلـغ متوسط تركيز الزئبق حوالي ٣٩ جزء في البليون أما في الحبوب مثل القمح والشعير فقد وجد أن تركيزات الزئبق فـي الحبـوب المعاملـة بمركبـات زئبقيـة كمبيد للفطريات علي البذور يصل الي ١٧٠ جزء في البليون٠

وتختلف النباتات في قدرتها علي إمتصاص الزئبق وبعضها لديه القدرة علـي تحمـل التركـيزات العاليـة منـه مثـل الليشـين ، الكُـرات ، الخـس، وعـش الغراب . وفي العديد من الدراسات حـول مسـتويات الزئبـق والتـي يمكـن أن يسمح بها في نباتات الغذاء تم اقتراح ألا يزيد عن ٥٠ جزء في البليون (وزن طازج) وعموما يجب أن تحسب النسبة المأخوذة يومياً من الزئبق خلال تناول الأغذية المختلفة٠

تلوث النباتات بالكادميوم :

تختلف تركيزات الكادميوم في النباتات الطبيعية غير الملوثة حسب نـوع النبات فتبلغ أعلاها في نبات الخس حيث تصل الي ٦٦ر٠ جزء فـي المليـون أو في السبانخ حيث تصل الي ١١ر٠ جـزء فـي المليـون (وزن رطـب) ، أمـا تركيزات الكادميوم في الحبوب فهي تقـل كثـيراً حيـث تـتراوح تركيزاتـه بيـن ٠١٣ر٠ الـي ٢٢ر٠ جـزء فـي المليـون (وزن جـاف) وتبلـغ فـي الحشـائش

ونباتات العلف بين ٠٧ر٠ – ٢٧ر٠ جزء في المليون وفي البقوليات تبلغ ٢٨ر٠ الي ٠٨ر١٠ جزء في مليون٠

والكادميوم عموماً أكثر تيسراً للنباتات وتشير الدراسات إلى تراكم الكادميوم في جذور وأوراق النباتات النامية على تربة ملوثة . كما ان النشاطات الصناعية والممارسات الزراعية تساهم في مد النباتات بمستويات مرتفعة من الكادميوم٠

تلوث النباتات بالمبيدات :

من الطبيعي عندما تكون التربة ملوثة بالمبيدات أن تتراكم بقايا المبيد في جذور النباتات خاصة المحاصيل الجذرية أو الدرنية مثل الجزر والفجل والقلقاس والبطاطا ، وقد لاحظ العلماء أن أكثر من ٥٠٪ من كمية المبيدات تتواجد في طبقة البشرة ، ولهذا يُنصح بالتخلص من القشرة لهذا الثمار. وقد أوضحت الدراسات أن ٨٠٪ من عينات محاصيل الخضر الواردة من ٢٠ مزرعة خضار تحتوي علي الألدرين بتركيز ٠١ر٠ جزء في المليون ، وتختلف النباتات حسب نوعها في إمتصاصها للمبيد وتراكمها داخل أنسجتها. ففي تجربة على أرض عوملت بـ ٨ أرطال من مبيد الالدرين وجد أن تركيز المبيد في نبات البرسيم تتراوح بين ٠٩ر٠ – ١٤ر٠ جزء/مليون بينما إحتوت نباتات القمح والتي نمت في نفس الحقول المعاملة علي كميات من ٠٣ر٠ – ٠٥ر٠ جزء / مليون . وقد أشارت بعض البحوث إلى أن آثار من د٠د٠ت واللندين والهيبتاكلور والكلوردان قد تتواجد في حبوب القمح والذرة بتركيزات تراوحت بين ٠٦ر٠ – ٨٣ر٠ جزء في المليون وأن بذور الفول السوداني تحتوي كميات أكبر منها بالمقارنة بالذرة ، ولاحظ العلماء أن خطورة بعض

المبيدات ترجع إلى تحولها داخل النبات إلى مركبات أشد سمية فمثلا مبيدي الثميت والداي سيستون يتم أكسدتها داخل السابنخ الى مركبات السلفوكسيد والسلفون الأكثر سمية ، ووجد أنها تتراكم في السبانخ الصيفية أكثر منها في الشتوية ومبيد الالدين يتم أكسدته في نبات الفاصوليا الخضراء الي مركب أشد سمية هو الديلدرين.

ولعل أخطر تأثير لتلوث المحاصيل بالمبيدات هو تلوث محاصيل العلف الخضراء حيث يتم تركيز المبيد في لحوم ودهون الأبقار ويرتفع تركيز المبيد في الألبان الناتجة منها فعلى سبيل المثال عندما تغذت أبقار على برسيم يحتوي على تركيز ٢٥ جزء/مليون من الديلدرين إحتوت ألبان الأبقار على تركيز قدره ٠١٤ر٠ – ٠٧٦ر٠ جزء/مليون بينما قدرت بقايا هذا المبيد في دهون الحيوان بتركيزات ٣ر٠ – ٨ر٠ جزء / مليون أي تضاعفت كمية المبيد داخل الحيوانات إلى ثلاثة أضعاف ، وقد أوضحت كثيرمن الدراسات أن بقايا المبيدات الفوسفورية " مثل الداي مثويت والديازينون والفورات " تتركز في الدهون وأنسجة الحمام الذي يتغذى على غذاء يحتوي على تركيز ١٠٠ جزء/مليون من هذه المبيدات ، وأثبتت الدراسات وجود علاقات قوية بين ماتحويه الطيور من بقايا مبيدات وبين تركيزات هذه المبيدات في علفها وعلائقها كذلك محتوى البيض من بقايا المبيدات تصل الي ٢٤٠ جزء/مليون في بيض بعض الطيور البرية خاصة مبيدات الـ د.د.ت ، د.د.د وسادس كلوريد البنزين واللندين والديلدرين ، وهذا يؤثر على فقس البيض وبالتالي إنقراض هذه الطيور علاوة على ذلك ظهور تأثيرات ضارة على أصناف النباتات وصفاتها الوراثية وبالتالي حدوث تدهور ونقص خطير في الانتاج النباتي يقابله إزدياد في مقاومة الآفات للمبيدات ، وقد تتدهور خصوبة التربة

الزراعية الملوثة بالمبيد أو مشتقاته السامة وذلك لقضاء المبيد على كائنات التربة الحية المفيدة أو إعاقة نشاطها لفترات طويلة٠

الاثر الضار للمبيدات علي النبات :

يؤدي استعمال بعض المبيدات الي حدوث أضرار للنباتات الخضراء ، " خصوصا المحاصيل الحساسة والضعيفة النمو " واذا استخدمت المبيدات بتركيزات أعلى من الموصي بها ، أو في توقيت غير مناسب ، أدى ذلك إلى حدوث أضرار في صورة حروق للأوراق ، أو تحور في أشكالها ، مما يؤدي إلى جفافها ثم سقوطها ويموت النبات في نهاية الأمر ، وقد يحدث الضرر نتيجة وصول المبيد للعصارة ، النباتية كما في حالة المبيدات الجهازية التي لها خاصية النفاذ داخل الانسجة ، أو السريان في العصارة مما يؤدي لحدوث خلل في النشاط الانزيمي ، والبيوكيميائي للنبات المسبب لتثبيط النشاط ، أو إيقافه تماما ، ثم توقف عمليات التمثيل الغذائي ويموت النبات في النهاية.

فمثلا إستعمال المبيدات العشبية التي تؤثر عن طريق إسقاط الأوراق مثل 2.4.5-T,2.4 - D يؤدي إلى تقليل تماسك الطبقات الخلوية الموجودة في قاعدة الورقة مما يسبب سقوطها ، وفي حالات أخرى تظهر أعراض تتمثل في إزدياد إنقسام الخلايا اللحائية بشكل كبير مما يؤدي إلى توقف نقل المواد الغذائية وينجم عن ذلك اضرار بالغة للنبات٠

العوامل المؤثرة على امتصاص المبيد داخل النبات :

ومن أهم العوامل التي تؤثر على تراكم بقايا المبيدات في النباتات النامية على أرض ملوثة بها : نوع النبات ، نوع التربة ونوع المبيد وطريقة ومعدل إضافة وتأثير المعاملات الزراعية الاخري كمايلي :

١) نوع النبات :

تختلف النباتات حسب قدرتها على تراكم المبيدات في أنسجتها فبعضها يكون ذو قدرة قليلة على إمتصاص المبيدات مثل المحاصيل النجيلية وبعضها متوسط القدرة مثل القطن والتيل وبعضها ذو قدرة عالية مثل النباتات الورقية والجذرية . وقد أوضحت الدراسات أن هناك علاقة معنوية واضحة بين معدل النتح ومقدار ما يمتصه النبات من بقايا المبيد فكلما زادت عملية نتح النبات زادت الكمية المدمصة وبالتالي تراكم المبيد في نسيج النبات والمعروف أن النباتات الورقية تمتص كميات أكبر من المبيد لو قورنت بالنباتات الثمرية والبذرية ، وكما نعلم يتوقف النتح علي عوامل كثيرة مثل درجة الحرارة والرطوبة وكمية الضوء.

ويختلف تركيز المبيد وتراكمه حسب الجزء من النبات " ساق – اوراق – جذور – ثمار " وفي أغلب الأحوال تتراكم الملوثات في جذور النبات أكثر منه في الساق وأوضحت بعض الدراسات أن لجذور النبات قدرة اختيارية في إدمصاص بعض المبيدات ففي تجربة علي د٠د٠ت وجد أن جذور القمح إمتصت ٩٥٪ من المبيد الممتص في النبات بينما لم يتواجد في جذور الفول إلا ٨٪ فقط من الكمية الممتصة٠ وفي دراسة أخرى وجد أن نبات الجزر وبنجر السكر أمتصت كميات من مبيد الديلدرين أعلي من جذور البرسيم والشوفان والذرة٠

٢) نوع التربة :

كلما زادت قدرة الأرض على إمتصاص المبيد والاحتفاظ به كلما قلت الكمية المدمصة بواسطة جذور النبات النامي عليها فالتربة الطبيعية الثقيلة أو الغنية في المادة العضوية تحتفظ بالمبيد لمدة أطول وعادة يكون تراكم بقايا

المبيد في النباتات النامية عليها أقل منه لو قارنها بالنباتات النامية علي تربة خفيفة رملية أو فقيرة في المادة العضوية والطينية.

٣) نوع المبيد وطريقة ومعدل اضافته :

تختلف درجة امتصاص النباتات للمبيدات بإختلاف قابلية الاخيرة للذوبان في الماء ، وقد لوحظ أن المبيدات القابلة للذوبان في الماء يسهل على النبات امتصاص كمية كبيرة منها " مثل مبيدات عصارية أو جهازية " بينما يكون العكس صحيحا في المبيدات شحيحة أو عديمة الذوبان كما يجب ذكر الخواص الطبيعية والكيميائية للمبيد نفسه مثل الضغط البخاري وقابليتها للتطاير.

وطريقة إضافة المبيد نفسه تحدد من الكمية الممتصة بواسطة النبات فعند إضافة مبيد في صورة محببات تكبيش أسفل النباتات سوف تحتوي كمية من المبيد أعلى منها في حالة إضافة المبيد حرثاً مع التربة كما يختلف محتوى النبات من المبيدات في حالة رش المبيد على سطح التربة أو تعفير المبيد على سطح التربة أو معاملة البذور نفسها بالمبيد.

عموما فإن وجود المبيد بتركيزات عالية بجوار جذور النباتات سوف تزيد من معدل إمتصاص المبيد وتراكمه بالنبات وعملية نقع البذور قبل الزراعة ومعاملتها بالمبيد سوف تتيح فرصة أكبر لتراكم المبيد داخل النبات النامي أكبر منه لو عملت التربة بالمبيد وهكذا.

وطبعاً يلعب تركيز المبيد في التربة دوراً هاماً في تحديد الكمية المدمصة بواسطة جذور النباتات فكلما زاد تركيز المبيد في التربة زادت الكمية المتاحة منه والملامسة لجذور النبات مما يزيد من فرصة إدمصاص

كميات أكبر من المبيد وفقا لنظرية التدرج في التركيز وأن المركب ينتقل في الاتجاه من أعلى تركيز إلى الاقل تركيز •

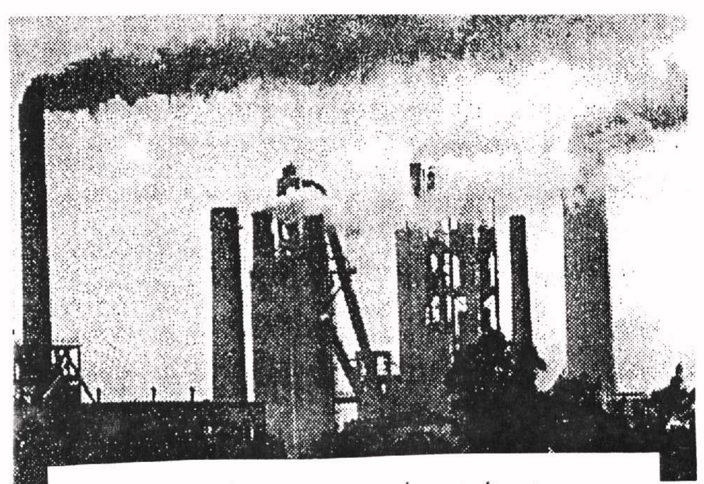
٤) تأثير المعاملات الزراعية :

وكما سبق أن ذكرنا فإن المعاملات الزراعية " من ري – حرث – عزيق – تسميد " تؤثر على بقاء المبيد في التربة وبالتالي تؤثر علي إمداد النبات به ، ففي حالة قلة الرطوبة في التربة عن السعة الحقلية تنافس التربة النبات في إدمصاص المبيد ويصعب إنتقال الاخير إلى جذور النبات ، وفي حالة ري الأرض وزيادة كمية الماء عن السعة الحقلية يسهل فقد المبيد عن طريق الصرف بعيداً عن منطقة جذور النبات وبالتالي تنعدم فرصة تراكمه في النبات.

أوضحت الدراسات أن إضافة أسمدة فوسفاتية أو نتروجينية تشجع بدرجة ملحوظة إمتصاص المبيد من التربة ، وقد يرجع ذلك الي سببين الأول تشجيع هذه الأسمدة لنمو النباتات ونمو جذورها مما يزيد من قدرتها على الإدمصاص بالإضافة إلى التأثير الحامضي لهذه الأسمدة خاصة في منطقة ريزوسفير الجذور وبالتالي زيادة ذوبان بعض من هذه المركبات وسهولة إنتقالها مع الماء الارضي•



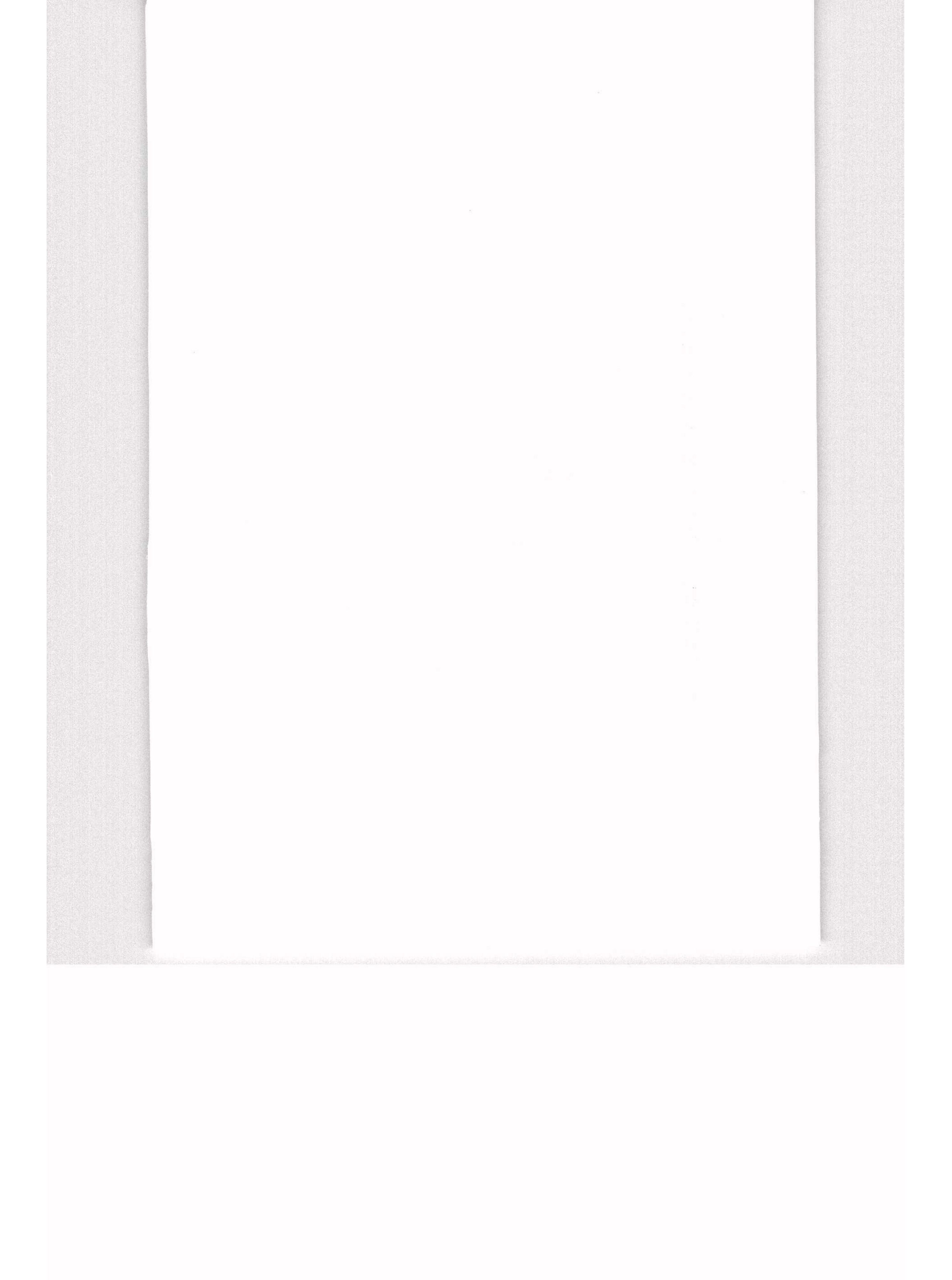
تلوث نهر النيل بالملوثات الصناعية يؤدي إلى هلاك الأشجار والنباتات على الشاطئ



مداخن الأسمنت من أكبر مصادر تلوث الهواء في القاهرة

الفصل السادس

العناصر الثقيلة والمبيدات وصحة الإنسان



العناصر الثقيلة وصحة الانسان :

ترتبط العناصر الثقيلة بقضية الصحة وذلك لدورها في تأثيرها علي العديد من العمليات الفسيولوجية داخل الكائن الحي ، حيث تقوم بدور عامل مثبط للعديد من الانزيمات حيث أنها تحل محل بعض العناصر الصغري المرتبطة بالانزيم مثل (الحديد ، الزنك ، النحاس) ولكنها تكون معها معقدات ثابتة مما يؤدي الي إحباط الدور الذي يقوم به الانزيم وبالتالي فشل العملية الحيوية.

وتتراكم العناصر الثقيلة في الأنظمة الحيوية حتي تلك الأنظمة الأقل تطوراً بل وظهر أن هناك إختيارية بين هذه العناصر فمثلا ظهر أن الإختيارية بين العناصر الثقيلة بالنسبة للهائمات البحرية كانت حسب الترتيب الآتي :

زنك > رصاص > نحاس > منجنيز > كوبلت > نيكل > الكادميوم بينما كانت الاختيارية بالنسبة للطحالب البنية كالآتي : الرصاص > منجنيز > زنك > نحاس = كادميوم > كوبلت > نيكل ، ومن العجيب أنه في بعض أنواع الطحالب التي تنمو علي مياه صرف المناجم وجد أنها تحتوي علي تركيزات عالية جداً من العناصر الثقيلة (٦٦٠٠ جزء/مليون من الرصاص ، ٢٩٠٠ جزء/مليون زنك ، ٢٩٠ جزء/مليون نحاس). وكما نعلم أن تدخل العناصر الثقيلة في الكائنات الدنيئة سوف تؤثر حتما علي الكائنات الأعلي في سلسلة الغذاء وهذا يعد أمراً خطيراً لان إحلال عنصر ثقيل محل عنصر آخر مرتبط بانزيم ويقوم بدور حافز في العملية الحيوية قد يؤدي إلي قصور وعجز الانزيم عن القيام بدوره ، وذلك لعدم ثبات المركب الانزيمي الجديد خاصة إذا كان أيون العنصر المرتبط به يختلف في القطر والحجم عن العنصر الذي حل محله ولهذا لو حدث إحلال بين العنصر المفيد والعنصر الضار بكميات ضخمة فإن ذلك سوف يؤدي الى إفشال العمليات البيوكميائية المطلوبة وبالتالي فإن صحة الانسان تصبح معرضة للخطر الجسيم ، كما أن

التركيزات العالية من المعادن الثقيلة حتما تؤدي إلي ترسيب الفوسفات $(PO_4)^{3-}$ وبالتالي إلي إضمحلال عمليات الأيض أو التمثيل الغذائي كما أنها تسبب تغيرات في نفاذية أغشية الخلايا الحية [Bowen, 1966].

ولايزال السؤال لماذا بعض الأفراد يمكنهم تحمل تركيزات من العناصر الثقيلة أعلي من التركيزات الملائمة ولما يظهر آخر أعراض تسمم حاد ؟ مازالت الاجابة علي هذا السؤال غير معروفة ، ولكن يبدو أن الصحة العامة للفرد عامل مهم في هذا المجال. وعموما يجب الإهتمام بدراسة مستويات هذه العناصر وقدرتها علي الإنتقال خلال مكونات سلسلة الغذاء من خلال النبات وحياة الحيوان والا حدث زيادات في مستويات هذه العناصر الي درجة تضر حتما أعضاء المجاميع العليا في سلسلة الغذاء مثل أسد البحر ، النسر الأصلع والانسان.

وقد وجد الباحثين علاقات عديدة بين إفساد وتدمير البيئة وإرتفاع تركيزات بعض العناصر الثقيلة في البيئة وكما يتضح من الجدول (٢٦ ، ٢٧) أن المعادن الثقيلة تميل دائما الي إعاقة وإخماد الوظائف الحيوية للعديد من الانزيمات عندما تحل محل العناصر الضرورية.

جدول (٢٦) الكفاءة النسبية للمعادن الثقيلة كعوامل مساعد للانزيم.

التفاعل الحيوي	الترتيب حسن النقص في الكفاءة
١) التحلل المائي لاسترات الجليسين.	نحاس - كوبلت - منجنيز
٢) نزع كربوكسيل عن مركب اسيتكون دي كربوكسيلات.	نحاس - نيكل - زنك - كوبلت - منجنيز - كادميوم
٣) اضمحلال مركب **Oxalsuccimte**	الومنيوم - حديد - نحاس - زنك - منجنيز
٤) اضمحلال مركب اوكسال اسيتات.	نحاس - زنك - نيكل - كوبلت - رصاص - حديد - منجنيز - كادميوم
٥) تفاعلات بيرودوكسال.	نحاس - حديد - زنك - نيكل - كوبلت - كادميوم - منجنيز

مأخوذ من: (Williams, 1967)

جدول (٢٧) العوامل المساعدة من العناصر الثقيلة في الانزيمات المختلفة والعناصر التي يحتمل أن تحل محلها

الانزيم	العنصر الاساسي	كفاءة الاحلال	
		نقص كفاءة	افشال تام
١) دي كربو لسيلاز	منجنيز	ماغنسيوم	كوبلت – نيكل – زنك
٢) انولاز	منجنيز	ماغنسيوم – زنك – حديد –	نحاس
٣) ATP - ase	منجنيز	كوبلت – نيكل	نحاس – زنبق – رصاص
٤) ارجنياز	منجنيز	ماغنسيوم – نيكل – زنك	نحاس
٥) كربوكس بيتيداز	زنك	نيكل – كوبلت	نحاس–كادميوم–زنبق–رصاص
٦) دي هيدروجينيز	زنك	كوبلت – نيكل – منجنيز	نحاس–كادميوم–زنبق–رصاص
٧) كربونيك انهيدراز	زنك	كوبلت – نيكل – منجنيز	كادميوم – زنبق – رصاص
		كوبلت – نيكل – منجنيز	

الرصاص والانسان :

يدخل الرصاص في سلسلة الغذاء من التربة إلي النبات بتركيزات قد تصبح سامة للانسان والحيوان خاصة وأن الرصاص يكون مركبات غير ذائبة في داخل المعدة ويتم امتصاص ١-٢٪ من الرصاص غير العضوي بينما يتم إمتصاص الرصاص العضوي بسهولة وقد يمتص عن طريق الجلد وتشير الدراسات الي احتواء جسم الإنسان بالوقت الحالي علي حوالي ١٠٠ ضعف ما كان يحتويه جسم الإنسان قبل عصر الثورة الصناعية وللرصاص تأثيرات خطيرة علي صحة الانسان وذلك لقدرته علي التراكم خاصة في أنسجة الجهاز العصبي ويدخل الرصاص إلي جسم الإنسان إما عن طريق الفم أو التنفس بالاضافة إلي إمتصاصه بشكل أساسي عن طريق الجلد وهنالك بعض مركبات الرصاص التي يسهل إمتصاصها بالقناة الهضمية مثل كرومات الرصاص التي تذوب في سائل المعدة ، كذلك تدخل جسيمات الغبار محملة بدقائق الرصاص خاصة تلك التي يقل قطرها عن ٢ ميكرون إلي الجهاز

التنفسي بحيث تلتقطها أهداب القصبة الهوائية أما الجسيمات الأكبر حجماً تعاد إلي البلعوم حيث يتم إبتلاعها بينما تخرج حوالي ٥٠-٦٠٪ من الجسيمات التي حملت الرصاص أثناء عملية الشهيق ويستقر المتبقي بالرئتين حيث يمتص معظمه بواسطة الدم.

ويعتبر العظام المخزن الذي يتجمع فيه الرصاص وعندما يتعرض الانسان إلي هواء به ١٥٠ ميكروجرام رصاص/متر مربع لمدة ١٠٢ أسبوع فإن ذلك يؤدي إلي إرتفاع تركيز الرصاص في الدم بمقدار ٤٥ ميكروجرام/١٠٠ جم دم بينما التركيز الطبيعي هو ٢٠ ميكروجرام/١٠٠ جم دم وكذلك إلي تركيز الرصاص في البول بمقدار ٨٤ ميكروجرام/لتر بينما التركيز الطبيعي هو ٣٥ ميكروجرام/لتر. ونظرا لتراكم الرصاص داخل الجسم فإن التسمم يمكن أن يحدث في عدة أيام أو أسابيع أو شهور من التعرض لجرعات الرصاص. ويصل تركيز الجرعة المميتة من الرصاص في غذاء الانسان ٦٠٠ مليجرام/يوم وإذا إستمر تعرض الإنسان لجرعات يومية من الرصاص حوالي ١٠٠٠ ميكروجرام لمدة ٨ سنوات يؤدي الي ظهور أعراض سيئة للغاية منها التشنج والانيميا والنقرس والتهاب الكبد المزمن والتهاب الدماغ النخاعي وعموماً فإن الحدود المسموح بها في الهواء والماء والطعام من الرصاص يمكننا تلخيصها في الجدول (٢٨) التالي.

جدول (٢٨): يوضح الحدود المسموح بها من الرصاص في الهواء والماء والاطعمه.

المصدر	الظروف	صورة الرصاص	التركيز الضار
الهواء	المناطق الصناعية المدينة	عضوي غير عضوي أيهم	١٦ ميكروجرام/م٣ ٢٠٠ ميكروجرام/م٣ ١٠ ميكروجرام /م٣
الماء	ري متواصل ري لفترة قصيرة	ذائب	٥ مليجرام / م٣ ماء ٢٠ مليجرام / م٣ ماء
الاطعمة	المواد الصلبة		٢٠٠ ميكروجرام/كجم

ولقد لوحظ أن تركيز الرصاص في الدم يعتمد علي البيئة ومقدار التلوث الحادث في جو المكان الذي يعيش فيه الفرد وفي أحد التقارير عن تركيزات الرصاص في دم اشخاص من دول مختلفة وفي وظائف مختلفة كما في الجدول (٢٩) التالي :

جدول (٢٩) : يوضح متوسطات تركيزات الرصاص بأختلاف البيئة المحيطه

الجنسية	ميكروجرام رصاص /١٠٠ جم دم	الوظيفة	ميكروجرام رصاص /١٠٠ جم دم
سويدي	١٠ ± ٣	موظف	١٩
هولندي	١٥ ± ٧	رجل بوليس	٢١
ياباني	٢٠ ± ٨	ساعي بريد	٢٣
مصري	٢٠ ± ١٦	عامل محطة بنزين	٢٨
انجليزي	٢٣ ± ١٣	عامل موقف سيارات	٣٤
فنلندي	٢٦ ± ١٢	ميكانيكي سيارات	٣٨

وللرصاص تأثيرات كبيرة علي الجنين حيث يسبب تلفاً بالجهاز العصبي بينما إرتفاع نسبة الرصاص في دم الأب يزيد من إحتمالات تكوين حيوانات منوية مشوهة قد تكون مسئولة عن ولادات مشوهة وإرتفاع نسبته في دم الأم تزيد من حالات الاجهاض وموت الأجنة ، ولابد من الإشارة بأن التأثيرات المزمنة للتسمم بالرصاص تشتمل علي تخلف عقلي وأعراض القلق وفقدان الشهية بينما يشتمل التسمم الحاد للرصاص علي أعراض أكثر حدة مثل إرتفاع ضغط الدم والفشل الكلوي والإصابة بالشلل ، وقد حددت لجنة خبراء مضافات الغذاء [JECFA] معدل ما يدخل الجسم من الرصاص أسبوعيا عن طريق الغذاء بحوالي ٥٠ ميكروجرام/كجم للبالغين و٢٥ ميكروجرام/كجم للرضع والأطفال ويؤثر الرصاص بشكل سلبي علي مكونات الدم حيث يتم تثبيط إنتاج الهيموجلوبين وذلك بسبب التدخل في تصنيع بروتين الدم (الهيم)

ودلت البحوث علي أنه عندما يصل ما يعرف بالمغص الرصاصي Lead Colic وأن بقاء الرصاص مرتفع في الدم لفترة طويلة يؤدي إلي تلف في أنسجة الكلية والغدد التناسلية ونهايات الاعصاب.

كما يتشابك الرصاص مع الانزيمات ويحد من قدرتها علي النشاط وعندما يصل تركيز الرصاص بالدم حتي ٢٠ ميكروجرام/١٠٠سم^{3} فإن ذلك يؤدي إلي ظهور مضاعفات علي الجهاز العصبي الطرفي عند الأطفال بينما يؤدي تركيز الرصاص ٤٠-٥٠ ميكروجرام/١٠٠سم^{3} إلي تخلف عقلي وعدم القدرة علي التركيزوحدوث نوبات عصبية بسبب تآكل أنسجة الجهاز العصبي المركزي كما يتراكم الرصاص في العظام.

الكادميوم والانسان :

يتعرض الإنسان إلي الكادميوم من خلال إستنشاق حبيبات الغبار ودخان السجائر وكذلك مياه الشرب ومن الغذاء وهو مصدر رئيسي خاصة في المناطق التي تستخدم الاسمدة والمبيدات الكيميائية التي تلوث التربة بالكادميوم الذي ينتقل الي النباتات النامية وينتقل عبر السلسلة الغذائية إلي حيوانات المزرعة والأغذية المختلفة.

وللكادميوم نفس خاصية التراكمية داخل انسجة الجسم حيث يبقي في الجسم لفترة طويلة ويكون أعلي معدل تراكم له في أنسجة الكلية. وأول أعراض سمية الكادميوم هو ظهور بروتين في البول ذو وزن جزئي منخفض ويتعرض الشخص في قارة أوربا مثلا إلي حوالي ٢٠-٦٠ ميكروجرام من الكادميوم يومياً يبقي في الجسم منها ٩ ميكروجرام وتشير نتائج البحوث أن تراكم ٦ ميكروجرامات كادميوم يومياً في الجسم خلال فترة ٥٠ سنة يؤدي إلي فشل كلوي وينتج عن التركيزات المنخفضة للكادميوم ظهور أعراض القيء والإسهال والمغص وبينما يؤدي التركيز المرتفع إلي إرتفاع في ضغط

الدم وتضخم في القلب والموت المبكر ٠ ويؤدي التسمم بالكادميوم الي تحطيم الكرات الحمراء والي تليف الخصية وذلك بالنسبة للحيوان.

والجدول رقم (٣٠): يوضح أقصي تركيزات مسموح بها من الكادميوم في الهواء والماء والغذاء.

المصدر	الظروف	التركيز الحرج للتسمم بالكادميوم
الهواء	١- في أماكن العمل ٨ ساعات يوميا	٢٠٠ ميكروجرام / م٣ هواء
	٢- في أماكن حضرية ٢٤ ساعة	١٠٠ ميكروجرام / م٣ هواء
الماء	١- ري مستمر أو متقطع	٥-٥٠ ميكروجرام / م٣ ماء
	٢- الاستخدام العادي	٥-٥٠ ميكروجرام / م٣ ماء
الغذاء	تعاطي ٥ر١ كجم من الغذاء صلب يوميا	١٣٥ ميكروجرام / كجم

ومن كوارث تلوث البيئة بالكادميوم ما حل بسكان جزيرة توميا في اليابان عام ١٩٥٠ والتي عرفت بمرض (ايتاي - ايتاي) الذي نتج عن تناول أرز كانت حقوله قد سقيت بمياه ملوثة بمركبات الكادميوم وقد دلت نتائج إحدي الدراسات عام ١٩٨٠ علي طعام الأطفال في عدد من الدول (استراليا ، كندا ، المانيا ، بولندا ، السويد ، بريطانيا ، امريكا) علي أن المصدر الأساسي للكادميوم في أطعمة الأطفال هو مياه الشرب وأوعية التعليب ودلت نفس الدراسة أنه يدخل جسم الاطفال من الكادميوم ما معدله ١ر٠ ميكروجرام / كجم من وزن الجسم ، للاسبوع والجدول رقم (٣١) يبين محتوي بعض الاطعمة من الكادميوم من دراسة شملت أكثر من ٢٢ دولة. وقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز الكادميوم في مياه الشرب علي أن لايزيد علي ١٠ ميكروجرام / لتر.

جدول رقم (٣١) : يوضح محتوي بعض الاطعمة من الكادميوم في جسم الأطفال.

الطعام	تركيز الكادميوم ميكروجرام / كجم
الحليب	٥
البيض	٥
الفواكه	١٠
الخضار	٢٥
الحبوب	٣٠
الاسماك	٣٥
القشريات	٣٥٠
كلية حيوانات المزرعة	٥٠٠

الزئبق والانسان :

الزئبق سام جداً للدورة البيولوجية خاصة الزئبق العضوي مثل مثيل الزئبق ، وفنيل خلات الزئبقيك حيث أن لهذه المركبات خاصية التراكم الحيوي في أنسجة الجسم خاصة الجهاز العصبي ويؤثر الزئبق علي نمو المخ خلال مراحل تكوين الجنين ، كما يتراكم في أنسجة الكبد والكلية والطحال والعظام ويعمل علي تسمم بروتوبلازم الخلية ويحتاج الجسم الي ٧٥ يوم حتي يتخلص من نصف الزئبق بداخله ودلت الدراسات علي أن إستهلاك ٢ كيلوجرام من السمك أسبوعيا تحتوي علي تركيز جزء واحد في المليون من الزئبق يؤدي إلي ظهور أعراض السمية للزئبق بعد سبع سنوات ، وقد يكون سبباً للوفاة بعد ٢٠ سنة ، وأشهر حوادث الزئبق ما حدث عام ١٩٥٦ في خليج ميناماتا الياباني حيث أدى تسرب الزئبق في السوائل العادمة لمصنع بلاستيك إلي تراكم بيولوجي للزئبق في أسماك الخليج التي يتغذي عليها

الأهالي مما أدي الي وفاة ٢٣٤ شخص بسبب تلف أنسجة المخ ، كما سببت أضرار لحوالي ١٣٠٠ شخص ظهرت عليهم أعراض الشلل وإضطراب في الرؤية والسمع ، كما ظهرت عشرات الحالات من الطفرات الوراثية والتشوهات في المواليد في السنوات اللاحقة علي الرغم من أن تركيز مثيل الزئبق في مياه الخليج لم يتجاوز ١ر٠ ميكروجرام / لتر الا أنه تراكم في الأسماك ليصل حتي ٥٠ جزء في المليون ٠

المبيدات وصحة الانسان :

معظم المبيدات المستخدمة لمقاومة الآفات تعتبر مركبات ذات فاعلية بيلوجية وقد تؤثر تأثيراً ضاراً علي صحة الانسان ، وهناك عدد من مبيدات الأفات ثبت أن لها تأثيراً علي الأجنة وعدد آخر يسبب ظهور أورام في حيوانات التجارب ، هذا بالإضافة إلي أن عدد كبير من المبيدات له درجة سمية عالية ونتيجة لذلك تحدث حالات تسمم للأفراد ، وبالرغم من عدم وجود سجل دقيق لحوادث التسمم بالمبيدات في معظم الدول إلا أن هيئة الصحة العالمية تقدر عدد حوادث التسمم السنوية في العالم بما يقرب من نصف مليون حالة تؤدي نسبة ١٪ منها الي الوفاه٠

تسمم الانسان من بقايا المبيدات :

١) أثناء الاضافه أو الرش :

هناك نوعان من الضرر يجب أخذهما في الإعتبار عند تقييم ضرر بقايا المبيدات علي الصحة العامة ، الأول : يتمثل في إحتمال حدوث ضرر حاد لتعاطي بقايا المبيد خلال يوم واحد أو عدة أيام ، والثاني : يشمل التأثيرات الضارة علي المدي الطويل ، والناتجة من إستمرار تعاطي كميات صغيرة من السموم يوميا ولعدة سنوات ، ومن المشاهدات الميدانية أمكن استنتاج عدم

حدوث أضرار حادة من جراء بقايا المبيدات الموجودة في المواد الغذائية ، لانها غالباً تكون بكميات ضئيلة جدا ، خاصة في الدول التي تراعي الحدود المسموح بتواجدها من هذه السموم ، طالما كانت تستخدم بالتركيزات والطرق والتعليمات المطلوبة ، ولو أن هناك العديد من حالات التسمم الحاد التي حدثت من جراء تناول أغذية محتوية علي نسبة عالية من بقايا المبيد نتيجة لمخالفة التعليمات ، فلقد تسمم العديد من الناس في أمريكا عندما أكلوا أحد النباتات الخضراء التي عوملت بسلفات النيكوتين بتركيز عال "ضعف الموصي به" ، وبعد الرش بيوم واحد فقط وحتي بعد أسبوعين وجدت بقايا المبيد في حدود ٦٩ – ١٢٣ جزء في المليون ، بينما الحد المسموح به من هذا المركب جزءان في المليون فقط٠

وفي الماضي سجلت حالات تسمم من تناول خضروات مرشوشة بالتوكسافين ، ولم يؤدي الغسيل بالماء أكثر من مرة للتخلص من بقايا المبيد، مما دعا لتحريم إستخدامه علي النباتات القريبة من النضح ، وفي أحوال قليلة حدث تسمم من جراء أكل جريب فروت ملوث بالسيانيد ، وفي مصر سجل العديد من حالات التسمم خلال موسم رش القطن بالمبيدات ، خاصة من جراء الرش الأرضي بالمبيدات الشديدة السمية ، مثل اللانيت وغيره من مبيدات الكاربامات ، وكذلك الفوسفورية العضوية ، أما حالات الضرر الحادة أو المزمنة الناتجة من جراء تناول الأغذية أو المياه الملوثة بمخلفات المبيدات ، فللأسف الشديد لا توجد سجلات لحصرها ، ومما لاشك فيه أنها تمثل خطورة كبيرة علي صحة الإنسان المصري نتيجة لعدم إلتزام الفلاحين بنوعية المبيدات ، والطرق المناسبة ، وكذا التوقيت المناسب لاجراء عمليات مكافحة الافات بالمبيدات.

٢) أثناء التخزين أو التداول :

يحدث كثير من حالات التسمم نتيجة لتلوث المواد الغذائية بالمبيدات السامة وخلال الشحن كما حدث في انجلترا علي سبيل المثال عندما تسمم ٤٩ شخصاً تناولوا خبزاً صنع من دقيق لوث بالاندرين عند نقله في عربات السكك الحديدية التي شحنت فيها كميات الاندرين قبل ذلك ، وحدثت مئات الوفيات في الهند نتيجة لتلوث المواد الغذائية أثناء الشحن والنقل ، ولتجنب حدوث هذه الاضرار يجب وضع بطاقات بها بيانات واضحة وتفصيلية وتحذيرية تجنبا لتلوث المواد الغذائية عن هذا الطريق ، ولايمكن أن ننسي تسمم كثيرون في سنغافورة عام ١٩٥٩ من تناول الشعير الملوث بالباراثيون، ولقد ثبت من الاحصائيات في هذه الحادثة شدة حساسية الأطفال الصغار بالمقارنة بالكبار للتسمم بهذا المبيد ، ولقد قدرت جرعة الباراثيون القاتلة بمقدار ١ر٠ مللجم/كجم ولم يكن متاحاً غير الاتروبين كمضاد للتسمم في ذلك الوقت ، ولقد حدث في الولايات المتحدة الامريكية ، رغم القيود الشديدة المنظمة لتداول المبيدات أن تسمم عدد من الأولاد من جراء إرتداء بنطلونات لوثت بالفوزدرين خلال الشحن من المصنع حتي مكان التجهيز.

٣) التسمم أثناء العمل من متبقيات المبيدات :

كثيرا ما يحدث تسمم للعمال الزراعيين من مخلفات المبيدات خلال جمع وقطف الثمار أو الخف أو الزراعة أو الري ، ويمكن مشاهدة ذلك من تتبع صحة العمال وكذلك إنخفاض مستوي نشاط انزيم الكولين استريز في الدم ، وتحدث هذه الحالات اذا تعرض العمال لمخلفات المبيدات خلال يوم أو يومين من المعاملة ، وينتج الضرر غالبا من تخلل المبيد عن طريق الجلد بدرجة أكبر من دخوله عن طريق الجهاز التنفسي ، وهذا يوضح أهمية إرتداء الملابس الواقية والالتزام بجمع النباتات بعد الفترت المسموح بها من قبل

الجهات المسئولة عن هذا الموضوع.

وفي عام ١٩٧٦ أدى إستخدام خليط من مبيد التمارون والجوزاثيون إلي تسمم ما يقرب من ٣٠٠٠ عامل زراعي وكانت نسبة الوفاة بينهم حوالي ١٪ وفي عام ١٩٧٩ توفي ثلاثون عاملا وتسمم أربعة الاف آخرين نتيجة لاستخدام مبيد اللارنيت.

وتحدث الاصابات في هذه الحالات نتيجة للتعرض للمبيدات أو نواتج تكسيرها السامة ، وتكثر حالات الإصابة في الدول النامية حيث أن الرقابة علي قواعد إستخدام المبيدات غير متوافرة كما أن العامل الزراعي غير مدرب وغالباً ما تستخدم أطفالاً ف] عمليات استخدام المبيدات.

والجدول رقم (٣٢) يوضح حالات التسمم التي أمكن تسجيلها بواسطة إحدى الوكالات الامريكية عام ١٩٦٩ من جراء التعرض المباشر والعرضي، وكذلك خلال نقل المبيدات وتخزينها وتناول مواد ملوثة بالمبيدات علاوة علي التسمم نتيجة لسوء التطبيق.

ويتضح من هذا الجدول المأخوذ عن إحدى الوكالات الامريكية عام (١٩٦٩) حدوث ٢٠٠ حالة تسمم في مصر من جراء تداول مبيد الباراثيون، مما أسفر عن موت ٨ أفراد ، والحمد لله أن هذا المبيد غير مصرح بإستخدامه في مصر ، نظراً لسميته ولكن ماهو الضمان لعدم استيراد قمح غير معامل بهذا المبيد أو مشتقاته السامه.

وعلي وجه العموم فإن حالات التسمم العرضية تعتبر دليلا علي جهل المواطنين وعدم تقديرهم لخطورة سمية المبيدات وأخطار سوء إستخدامها ، كذلك التخزين غير السليم فيما يسمي بمتاجر المبيدات في المنزل تساهم في أحداث حالات تسمم.

ومن الاسباب الشائعة لحدوث التسمم هو تلوث الطعام والملابس أثناء النقل للمبيدات ، وكذلك التحميل غير المتقن للمبيدات والتخزين بجوار

الاطعمة الي جانب استخدام أنية ملوثة بالمبيدات في اغراض الطعام ، ولذلك فأنه يجب أن يخضع النظام العام لتخزين المبيدات والتخلص من المتبقيات الي رقابة فعالة٠

جدول (٣٢) : يوضح حالات التسمم من جراء التعرض المباشر العرضي للمبيدات.

سبب الحادثة	نوع المبيد المسئول عن التسمم	المواد الملوثة بالمبيد	الحالات التي تأثرت بالمبيد	عدد الوفيات	مكان التسمم والموت
التلوث خلال نقل المبيدات أو تخزينها	أندرين	دقيق	١٥٩	صفر	ويلز
	أندرين	دقيق	٦٩١	٢٤	قطر
	أندرين	دقيق	١٨٣	٢	السعودية
	ديلدرين	مواد غذائية	٢٠	صفر	الهند
	باراثيون	قمح	٣٦٠	١٠٢	الهند
	باراثيون	شعير	٣٨	٩	مالايا
	باراثيون	دقيق	٢٠٠	٨	مصر
	باراثيون	دقيق	٦٠٠	٨٨	كولومبيا
	باراثيون	سكر	٣٠٠	١٧	المكسيك
	باراثيون	رقائق الخبز	٣	صفر	كندا
	مفينيفوس	نباتات	٦	صفر	امريكا
تناول مواد ملوثة بالمستحضرات	سادس كلوريد البنزين	تقاوي الحبوب	٣٠٠٠	٣-١١	تركيا
	البنزين	تقاوي الحبوب	٣٤	٤	باكستان
	زئبق عضوي	تقاوي الحبوب	٣٢١	٣٥	العراق
	زئبق عضوي	تقاوي الحبوب	٤٥	٢٠	جواتيمالا
ســـــوء التطبيـــق	وارفارين	طعوم سامة	١٤	٢	كوريا
	توكسافين	حبوب	٧	صفر	امريكا
	نيكوتين	الخردل	١١	صفر	امريكا
	باراثيون	معالجة ضد القمل	١٧	١٥	ايران
	تيتاكلورفينول	الكتان	٢٠	٢	امريكا

ومن المبيدات ذات الأهمية من الناحية التكسيكولوجية تذكر مركبات الزرنيخ والزئبق التي لا تزال تجد مجالاً للاستخدام. وقد ثبت أن إستخدام مركبات الزرنيخ في مقاومة الحشائش في مزارع المطاط ينتج عنه حالات تسمم في ماليزيا.

أما مركبات الزئبق العضوية فهي تستخدم كمبيدات فطرية خاصة في معاملة البذور وخلال الفترات من ١٩٦٥ - ٦٧ ظهرت خمس حوادث كبرى للتسمم نتيجة لمعاملة البذور بهذه المبيدات.

كما أنه خلال ١٩٧١-١٩٨٢ ظهرت حادثة تسمم كبرى في العراق نتيجة لاستخدام مركبات زئبق عضوية لمعاملة بذورالقمح والشعير وتسبب عنها ٤٥٢ حالة وفاة من إجمالي ٦١٤٨ حالة تسمم نتيجة لإستخدام هذه البذور خطأ في صنع الخبز.

ويمكن للمبيدات الكيميائية أن تسبب أعراضاً مرضية مختلفة للانسان وخاصة في الكبد وذلك لمن يتعرض لجرعات عالية من المبيدات كما تؤثر علي الجهاز العصبي وخاصة المركبات الفسفورية التي يمكن أن تحدث شللا عضوياً لا يمكن معالجته فجرعة من المالاثيون بحدود ١٠٠ مجم/كجم ومن مادة EPNبحدود ٤٠ مجم/كجم كافية لإحداث الشلل. كما تسبب بعض المبيدات أمراض سرطانية مثل مادة Aminotriazole وهي مبيد عشبي يسبب تضخما في الغدد الرئوية للفئران إذا كانت المواد التي تتغذى بها حاوية علي ٦٠-٢٠٠ جزء في المليون ولمدة أسبوعين ، كما يعتقد أن D.D.T والالدرين وغيرها يمكن أن تحدث أمراضاً سرطانية خاصة في الكبد.

وهناك مركب الاراميت الذي يستخدم في مكافحة الاكاروسات بكفاءة عالية ، وبالرغم من أن سميته الحادة منخفضة للغاية ، إلا أن الحد المسموح بتواجده في الغذاء يجب ألا يتعدى جزءاً واحداً في المليون ، ولقد أثبتت الدراسات التوكسيكولوجية أن هذا المركب يحدث السرطان في كل من الفئران والكلاب عند تناولهم غذاء ملوثا بأكثر من ٥٠٠ جزء في المليون ، كما أن مركب

الامينوترايازول الذي يستخدم لمكافحة الحشائش في مزارع الذرة والفواكه ، وبالرغم من قلة السمية الحادة ، إلا أنه يحدث سرطان الغدة الدرقية بعد أسبوعين فقط من تغذية الحيوانات علي غذاء ملوث بكميات تتراوح بين ٦٠ - ٢٠٠ جزء في المليون ، حيث ثبت أن هذا المركب يثبط نشاط إنزيمات الكاتاليز والبيروكسيديز في الغدة الدرقية وغيرها من الانسجة، مما يقلل من حركة اليود ومن الغريب أن هذه المواد تؤخرحدوث السرطان في كبد الحيوانات التي تعرضت لبعض المواد السرطانية.

ومن المؤسف أن المعلومات المتاحة مازالت غير كافية لالقاء الضوء عن التأثيرات التي تحدثها المبيدات علي المدى الطويل نتيجة لاستمرار التعرض لها بجرعات غير مميتة في حدود الأمان المتعارف عليها دولياً بالنسبة لبقايا المبيدات في الغذاء ، وقد تم وضع بعض التشريعات التي تمنع أو تقلل تعرض الإنسان وحيواناته النافعة لخطر تناول تركيزات عالية من هذه السموم في المواد الغذائية.

وفي محاولة لإيجاد العلاقة بين كميات المبيدات والمستخدمة في محافظات مصر وعدد حالات الموت بالسرطان وجدت علاقة واضحة ومعنوية بين إرتفاع حالات الموت بالسرطان وبين كمية المبيدات المستخدمة في المحافظة . ولقد كانت محافظة الغربية هي أكثر المحافظات إستعمالاً للمبيد تلتها البحيرة ثم الشرقية وكانت أقلها محافظات القناة والمحافظات الصحراوية ، كما وجد أن نسبة الموت بالسرطان في الريف أعلي منه في المدينة حيث يتعرض الفلاحين للمبيد بأكثر من طريقة سواء أثناء الرش أو سوء الاستعمال أو مع الغذاء والماء وينبغي أن نشير إلي أن معظم المبيدات التي استخدمت في الستينات والسبعينات كانت في صورة مبيدات كلورينية شديدة البقاء في البيئة والتربة وتم إستخدامها دون ترشيد.

وحديثا وضعت وزارة الزراعة المصرية سياسة لمكافحة الآفات في إطار من التوازن الدقيق مع إعتبارات حماية البيئة والحفاظ علي صحة الانسان المصري ووضعت التوصيات الخاصة بإستخدام المبيدات الحشرية في مختلف مجالات

الانتاج الزراعي ملتزمــه بمـا يصدر عن المنظمـات الدوليـة المتخصصـة فـي هذا المجال وأصدرت حديثاً لجنة مبيدات الآفات الزراعية جداول بالمبيدات الخطرة علي صحة الإنسان والبدائل التي يمكن إستخدامها والتـي تتمـيز بفاعليتهـا ضد الافـات الموجهة إليها وقد أصدرالدكتور/ يوسف والي نائب رئيس الوزراء ووزير الزراعة قرار بحظر تجريب أو إسـتيراد أو إستخدام أو حتـي تجهيز المبيدات سـواء كـانت مـواد خـام أو مستحضرات تجاريـة فـي أي صـورة مـن الصـور المبينــة بـالجداول المرفقـة والمصنفـة الـي مجموعـه B وهـي محتمــل أن تسـبب سـرطان للانســان والمجموعه C وهي مسرطن ممكن للانسان (جدول ٣٣ A,B).

ولقد نجم عن استخدام المبيدات بكافـة أنواعهـا أن اصبـح المـتر المربـع مـن الارض الزراعية المصرية يتلوث بـ ٤ر٦ جرامـا مـن المبيدات الحشـرية سـنويا و ٢ر٤ جراما من المبيدات الفطرية سنوياً وهذا المعدل يعتبر عاليا لـو قـورن بـالدول المتقدمة فمثلا في كاليفورنيا " الولايات المتحدة الامريكية " ينال المـتر المربـع مـن كلا النوعين من المبيدات حوالي ٦ر٠ جم فقط.

ومما لاشك فيه أنه يجب رصد حالات التسمم والتأثيرات الصحية الضارة لكل مبيـد والاحتفـاظ بالبيانـات المتوفرة عن الفحص الطبـي الشـامل لحـالات التسـمم والتاريخ المهني للعاملين في مجـال المبيدات كذلـك المعلومـات مـن مراقبـة الحالـة الصحية لعينات إحصائية من مستخدمي المبيدات في المزارع ، ويجـب عـدم إغفـال دور المعلومات التي تتوفر من إختبارات المسح الشخصي والتي تعتمد علـي تعيين مادة الكولين إستريز عند التعريض للمبيدات التي تضاد هذه المادة ودراسـة نواتـج تمثيل المبيـدات فـي السـوائل الحيويـة بالجسـم والتقدير النوعي والكمـي لمتبقيـات المبيدات بالبول والدم وأنسجة الجسم الاخـرى ، وممـا لاشـك فيـه أن رصـد حـالات التسمم سوف يوفر معلومات مفيدة حول الأخطار الصحية المتعلقة بـالمبيدات تحت الظـروف التطبيقيـة ممـا يسـاعد متخذي القـرار فـي السـماح بأستخدام مبيد تحـت الظروف المحلية من عدمه.

جدول (٣٣) : يوضح بعض المبيدات التي انتهت اليها لجنة المبيدات الي الغاء تداولها والمبيدات والمبيدات المتاحة الموصي بها والمسموح بتداولها بدلا منها.

أولا : المبيدات المصنفة مجموعة "B"

المبيدات الملغاة	التصنيف	الآفـــة	المحصـــول	المبيدات المتاحة المسموح بتداولها
١. بروبارجيت كومیت ٧٣٪EC كومیت ٧٥٪EC كومیت النصر ٧٥٪EC كومیت ٣٠٪ WP	B2	العنكبوت الأحمر العادى وأكاروس الموالح البنى والبيض الشتوى	قطن . تفاح . موالح فول سودانى . عنب	برلو ٥٠٪ SC . أورتس ٥٪ SC نيرون ٥٠٪ EC . ماكوميت ١٠٪WP زيت ناشيونال٧٥٪ EC . بيجاسوس ٥٠٪WP فيرتيميك ٨ر١٪ EC
٢. منكوزيب ومخاليطه ببيسور ٨٠٪ WP ريدوميل منكوزيب ٥٨٪ دايثين م٤٥ ٨٠٪WP ريدوميل منكوزيب ٧٢٪ دايثين م ٤٥ كرد ٨٠٪ منكوزيب ٦٩٪ WP ترايدكس ٤٥٪ FL سانفرفار ام ٦١٪ WP ترايسكر ٧٥٪ DG ميلاندم ٧٠٪ WP ترايدكس ٨٠٪ WP سانفوكرب ٦٩٪ WP ترايميلتوكس فورت ٤٠٪ ريدوست م ٢ر٦٧٪ حاسي مانكوزيب ٥٨٪ اكروبات منكوزيب ٦٩٪ نيوكوبر ٩٠٪ WP سنفي [illegible] ٦١٪ WP	D2	ندوة مبـــكرة ندوة متأخرة بياض دقيقي بياض دقيقي بياض دقيقي بياض زغبي بياض دقيقي بياض دقيقي	الطماطم والبطاطس الطماطم والبطاطس خيـــار وشمـــام كوســـة عنـــب عنـــب تفـــاح مانجو . خوخ . مشمش	جالبين نحاس ٤٦٪ . سوربل ميكروني ٧٠٪ . برفيكيور- ن ٢ر٧٢٪ سرمي ليت ٥٪ . فلاندور ار٢٦٪ . كاراثين ٣٥٪ سوربل زراعي ٩٨٪ . فيكترا ٤٠٪ توباس ١٠٪ . سوربل زراعي ٩٨٪ سستني در١٢٪ . توباس ١٠٪ . كيمارد ٥٠٪ . تيوفيت ٨٠٪ . مانش ٤٠٪ . كاراثين در١٨٪ . كاراثين ٣٥٪ سوربل ميكروني٧٠٪ فيكترا ٤٠٪ ترسين م ٧٠٪ . كوموليس ايس ٨٠٪ . روبجان١٢٪ . ذات فنريل سلفر ٥٢٪ . دورادو ٢٠٪ . أليوجان ٣٠٪ . ويتاسول ٨٠٪ كرسيد ١٠١ ٧٧٪ . ريدوميل بلس ٥٠٪ . كوبرس كرد ٥٠٪ . فرنيمور ٥٠٪ جروكوبر ٥٠٪ كوبروكسات ١٩٪ . كوبرافيت ٥٠٪ ترسين م ٧٠٪ . كيمارد ٥٠٪ . ميلوكس ٥٢٪ . تيوفيت ٨٪ . مانش ٤٠٪ . كاراثين ٤٨٪ . كاراثين ٢٢٪ . دورادو ٢٠٪ . أليوجان ٣٠٪ ترب كوب ار٥٤٪ . سوربل سمارك ٨٠٪ مانش ٤٠٪ . توبلس ١٠٪ . ترسين م ٧٠٪ . زيمبدال ٩٪ . تيوفيت . سلفرول ١٩ ٪ . تمرود ٢٥٪ . أليرجان ٣٠٪ . كالكسين ٧٥٪
٣. مانيب كومابروت ٣٧٪WP مستديب ٧٠٪ WP انمازين بي هر ٦٥٪WP	D2	اشنـــة ندوة مبكرة ندوة متاخرة	موالح طماطم وبطاطس طماطم وبطاطس	كوبرس كرد ٥٠٪ . بوني كوبر ٥٠٪ . بروكوبر ٥٠٪ . كوبكس ٥٠٪ جالبين نحاس ٤٦٪ . سوربل ميكروني ٧٠٪ . برفيكيور- ن ٢ر٧٢٪
٤. كلوروثالونيل [illegible] ٥٠٪ WP داكونيـــل ٧٥٪ WP داكونيل كرد ٧٥٪ WP داكسومر ٥٠٪WP	D2	ندوة مبـــكرة ندوة متأخرة بياض زغبي عفن أسود أعفان ثمار	طماطم وبطاطس طماطـــم خيـــار قطـــن فول سوداني	جالبين نحاس ٤٦٪ . سوربل ميكروني ٧٠٪ . برفيكيور- ن ٢ر٧٢٪ كيمارد ٥٠٪ روبجان ١٢٪ . كوبروكسات ١٩٪ . ميلسين ٥٠٪ جالبين نحاس ٤٦٪ ريزوليكس تي ٥٠٪

المبيدات الملغاة	التصنيف	الآفــــة	المحصـــول	المبيدات المتاحة المسموح بتداولها
٥- فوليت ميكال ٧٥٪ WP	B2	بياض زغبي	عنـــب	كوسيد ١٠١ ٧٧٪ - ريدوميل بلس ٥٠٪ - كوبرس كرد ٥٠٪ - فوليمور ٥٠٪ ميروكوبر ٥٠٪ كوبروكسات ١٩٪ - كوبرافيت ٥٠٪
٦- بروسيميدون سوميسكليكس ٥٠٪ WP	B2	تبقع أوراق عفن أبيض أعفان ثمار	فراولـــة بصـــل فراولـــة	توبسين إم ٧٠٪ رونيلان Dust رونيلان ٥٠٪WP
٧- إبروديون روفرال ٥٠٪ WP	B2	عفن ثمار	عنب وفراولـــة	رونيلان ٥٠٪ - بوبلرين ٥٠٪
٨- كـــابتـــان مونسرين كومبي ٧٠٪WP	B2	جـــرب أعفان بذور وذبول	تفـــاح قرعيات	توبسين إم ٧٠٪ - كيمازد ٥٠٪ توبسين إم ٧٠٪
٩- سيبروكونازول أتمي إس إل ١٠٪ SL أتمي إس ٨ر٠٪ WP	B2	بياض دقيقي بياض دقيقي	مانجـــو خيـــار	بانش ٤٠٪ - سابرول ١٩٪ - توبلس ١٠٪ - توبسين م٧٠٪ - ثيوفيت ٨٠٪ - سومي إيت ٥٪ سومي إيت ٥٪ - فلاندور ٢٦ر١٪ - كاراثين ٣٥٪ سوربل زراعي ٩٨٪ - فيكترا ١٠٪
١٠- ألاكلور لاســو ٤٨٪ EC لاسو ٥٥٪ Suspension	B2	حشائش حولية	فول صويا	فيرزيليد سوبر ١٢ر٪
١١- بروبوكسر بونديـــن ٢٠٪ EC	B2	مـــن	بطـــاطس	مارشال ٢٥٪ - ريلدان ٥٠٪ - ملاثوكس ٥٧٪ - بريمـــور ٥٠٪ - ملاثيون ٥٧٪ - أكتيليك ٥٠٪
ثانيا : المبيدات المصنفة مجموعة "C"				
١- دايميثويت روجـــر ٤٠ ٪ EC لبي ٤ اي٥٠ ٤٠ ٪ EC سـايدون ٤٠ ٪ EC نمسرثويت ٤٠ ٪ EC كوميثويت ٤٠ ٪ EC دايموميكس ٤٠ ٪ EC روكسيون ٤٠ ٪ EC برفكسيون ٤٠ ٪ EC روكسيون النص ٤٠٪ EC دايمثريت كرد ١٠٠ ٤٠٪ EC دايمثريت كرد ٤٠٠ ٤٠٪ EC تلتوكس ٤٠٪ EC روسيثويت ٤٠٪ EC ديجــور ٤٠٪ EC	C	ذبابة ثمار - [illegible] ذبابة الفاكهة مـــن دودة أوراق الزيتون مـــن	زيتون - موالح - جوافة - مانجو جوافـــة زيتون قطـــن	أكتيليك ٥٠٪ - جنيور ٣٣٪ ديازينوكس ٦٠٪ ملاسون كزد ٥٧٪ ——— كرنفيدور ٢٠٪ - سيلتركس ٥٠٪ - نوفاكرون ٤٠٪ - مارشال ٢٥٪ - أوتكول ٣٠٪

تلوث الغذاء:

تعاني معظم الدول من مشاكل التلوث الغذائي بمتبقيات المبيدات والتأثيرات البيئية الضارة الناجمة عن الإستخدام المكثف وغير السليم للمبيدات في مكافحة الافات ، وقد حظيت هذه المشاكل بإهتمام قطاعات عريضة من المتخصصين والمسئولين وحتي الناس العاديين وذلك لارتباطها المباشر بصحة الانسان ونظافة البيئة ، وتتكاتف الجهود سواء علي المستويات المحلية أو الدولية للوصول الي أفضل الاجراءات التي تضمن بها حسن إستخدام المبيدات دون حدوث أخطار غير مقبولة تهدد حياة الانسان والبيئة ، ومن بين أهم الاقتراحات التي نشرت في السنوات الاخيرة التي تستهدف ذلك ، ضرورة إستخدام المبيدات ضمن إطار التحكم المتكامل في الافات والالتزام بالتشريعات الخاصة بالرقابة عليها.

وتحتاج الدول النامية بأن تتخذ إجراءات تتناسب مع إحتياجاتها الخاصة لتسجيل المبيدات والرقابة عليها بهدف التأكد من أن المبيد عندما يستخدم وفقاً للتعليمات والتحذيرات والاحتياطات المصادق عليها ، يكون فعالاً للغرض المسجل من أجله ولاينتج عن إستخدامه أية أخطار علي العامل أو المستهلك أو الغذاء المعامل أو علي الاحياء البرية والكائنات الاخري غير المستهدفة ، وتتضمن عملية التسجيل القيام بالعديد من الإجراءات قبل وصول المبيدات إلي الاسواق ، ويجب ألا تتوقف إجراءات الرقابة عند مرحلة تقييم ما قبل التسجيل ، بل تشمل أيضا مراقبة المبيدات في مرحلة ما بعد التسجيل للتأكد من صحة التوقعات التي أعتمد عليها عند التسجيل والتي تتعلق بفاعلية المبيد وسلامة تأثيراته البيئية ، وإجراءات ما بعد التسجيل مساوية من حيث الأهمية لاجراءات التسجيل ذاتها ، وتمثل حاليا جزءاً أساسيا في القوانين الخاصة بتنظيم تجارة وإنتاج وإستخدام المبيدات في كثير من الدول " نشرت منظمة الأغذية للأمم المتحدة حديثاً خطوط توجيهية بشأن الرقابة علي المبيدات

والأنشطة الخاصة بها في مرحلة ما بعد التسجيل وهي توفر الارشادات للحكومات الراغبة في وضع قانوني للرقابة علي المبيدات أو إعادة النظر في التشريعات الخاصة بها.

وتوفر عمليات التحليل الكيماوي للمبيدات البيانات والمعلومات اللازمة عن المتبقيات في المنتجات الزراعية والمعطيات الخاصة بمصير المبيدات وتواجدها في العناصر وثيقة الصلة بالبيئة سواء في مرحلة التسجيل أو ما بعدها كما أنها السبيل الوحيد للتأكد من الالتزام بالحدود القصوى لمتبقيات المبيدات المسموح بها في الأغذية التي تقررها أو توصي بها الهيئات الوطنية أو المنظمات الدولية " تقع مسئولية تحديد الحدود القصوى لمتبقيات المبيدات في العديد من البلدان علي عاتق وزارة الصحة. أما البلدان التي تفتقر إلي وجود إجراءات لتحديد الحدود القصوى للمتبقيات فيمكن إدراج ذلك في التشريعات الخاصة بالمبيدات وذلك بالتشاور مع الهيئات الوطنية المسئولة عن نوعية المواد الغذائية " لحماية المستهلك ولتسهيل التجارة الدولية.

ولقد حدث تطوير كبير في الكيمياء التحليلية الخاصة بالتقدير والكشف عن مخلفات مبيدات الافات في السنوات الاخيرة ، ويمثل طريقة الكروماتوجرافي الغازي كوسيلة للتنقية والفصل أسلوبا ناجحا للغاية ، خاصة بعد تطوير مقدرته علي الكشف عن بقايا المبيدات عن طريق تزويده بالكاشفات المختلفة ، مثل تلك التي تعتمد علي التوصيل الحراري أو حارق الأيونات أو قياس التغير في التيار الكهربي أو صائد الالكترونات ، ويفيد هذا التكنيك مع المبيدات الكلورينية والفوسفورية العضوية المحتوية علي الكبريت ، وتختلف حساسية هذه الطرق تبعا للعديد من الإعتبارات ، ويمكن الكشف عن بقايا المبيدات وتواجدها بكميات ضئيلة للغاية ٦-١٠ جزء في البليون حتي ١٨-١٠ جزء في المليون ، وهذه الحساسية المفرطة تمكن من الكشف عن مدى صدق المعيار صفر الاحتمال Zero Tolerance ، أي

عدم وجود بقايا بالمرة في المحاصيل الغذائية من جراء استخدام المبيدات التي تحدث سرطانا ، خاصة في اللبن والخضروات والفواكه ، وكلما تطورت وسائل الكشف عن البقايا قد يتغير الوضع الحالي ، حيث سيثبت أن العديد من المواد الغذائية التي كانت تتداول وتستخدم في الاستهلاك الادمي لا تصلح لاحتوائها علي تركيزات من بقايا المبيدات خطيرة لم يكن من الممكن تقديرها قبل ذلك بالوسائل المتاحة حينئذ.

ومن الأمور المفزعة حالياً تواجد مخلفات بعض المبيدات الكلورينية في لبن الأمهات في بعض البلدان حتي المتقدمة مما يؤدي الي تشوه الاجنة وولادة أطفال معوقين ، وفيما يلي فكرة عن تواجد بقايا المبيدات في المواد الغذائية.

أ) المنتجات الزراعية الخام :

يحدث تلوثات للنباتات والمنتجات الزراعية بالمبيدات بثلاثة طرق هي :

١) المعاملة المباشرة بالمبيد لمكافحة الافات ٠

٢) إنتشار جزيئات الرش أو التعفير من المناطق المجاورة التي تستخدم فيها٠

٣) من التربة الملوثة من سنوات سابقة بالمبيدات ، ويجب أن تتوافر معلومات عن حجم هذه المشكلة ، بمعني كمية المواد الزراعية الخام الملوثة بالمبيدات ، خاصة لاكثر من الحدود الامنة المسموح بتواجدها ، وللاسف الشديد لاتوجد سجلات في معظم دول العالم عن أن استخدام المبيدات ، بالتركيزات الموصي بها أحدث أضرارا للنباتات المعاملة ، وفي حالة وجود مخلفات عالية يرجع المهتمون بهذا الموضوع الي التأكد من كمية المبيد التي استخدمت في البداية وميعاد التطبيق.

ب) اللحوم واللبن والبيض :

من المؤكد أن المبيدات الكلورينية تتجمع في الدهون الموجودة في جسم الحيوانات التي تعرضت لها ، وذلك لشدة ميلها للذوبان في الليبيدات ، ونظراً للمعاملة المباشرة بالمبيدات أو وصولها لداخل الجسم من جراء تناول الحيوانات للغذاء الملوث ، فإن الدهون الموجودة في لحوم الحيوانات لابد أن تحتوي علي مخلفات هذه السموم ، ولقد حددت وكالة الأغذية والدواء الحدود الامنة لبقايا المبيدات بالجزء في المليون كمايلي : كورال (١) ، د.د.ت (٧) ، لندين (٧ أو ٤ تبعا للنوع) ، الملاثيون (٤) ، ميثوكسي كلور (٣) ، والتوكسافين (٧) في دهن لحوم البقر والماعز والدجاج والأغنام ، وللأسف الشديد لا يوجد حصر لمدى تواجد بقايا المبيدات في لحوم الحيوانات المعروضة في الأسواق في مختلف بلدان العالم.

إن تزايد المخاطر البيئية من جراء إستخدام المبيدات الحشرية في الأغراض الزراعية أدى إلي تلوث العديد من المزروعات والأغذية الحيوانية مما ساعد علي زيادة هذه المركبات في أنسجة الحيوانات ومنتجاتها من ألبان ولحوم. وفي دراسة لاستبيان مستوي تلوث أنسجة الجاموس والأبقار بمحافظة أسيوط تم قياس مستويات مركبات ال DDT ، سادس كلوريد الهكسان والهبتاكلور والالدرين والديلدرين والاندرين ومركبات سادس كلوريد البنزين في أنسجة ١٦٤ عينة بإستخدام جهاز الفصل الغازي المزود بكاشف اليكتروني GC-ECD وأوضحت الدراسة وجود كميات قليلة من المركبات الكلورينية في كبد وعضلات العينات في حدود الكميات المسموح بها دوليا بواسطة المنظمات العالمية ERL . بينما أظهرت عينات الدهن وجود كميات أعلي نسبياً ولكن في حدود المسموح به أيضاً . كما أظهرت النتائج أن مشتقات الـ DDT وسادس كلوريد الهكسان وسادس كلوريد البنزين

كانت أكثر ظهوراً في العينات من مركبات الالدرين والديلدرين والاندرين والهبتاكلور ابوكسيد.

وفي دراسة اخري بنفس المحافظة تم فحص ٨٠ عينه دهن (٤٠ ماعز و ٢٠ أغنام و ٢٠ جمال) والتي تم جمعها بصورة عشوائية من مجازر أسيوط خلال عام ١٩٩٥. كما أوضحت نتائج التحليل إحتواء جميع العينات علي أكثر من مبيد حيث إحتوت عينات الماعز والاغنام علي مشتق لمبيد الهكساكلور وسيكلوهكسان والدي. دي. تي .أما عينات الجمال فكانت تحتوي علي الـ دي .دي وكانت مستويات المبيدات المتواجده بالعينات منخفضة بالمقارنة بالدراسة السابقة التي تمت علي الجاموس والابقار في المنطقة ذاتها.

ويتبين من النتائج المتحصل عليها أنه لم يتعد أي من المبيدات تحت الاختبار الحدود المسموح بها والمقرره من لجنة الكودكس التابعه لمنظمة الصحه العالميه ومنظمة الاغذية والزراعة ، إلا أن بعض الدراسات الفردية أثبتت وجود كميات كبيرة من الـ د٠د٠ت في المواد الغذائية المحتوية علي اللحوم ، والحيوانات التي تدر اللبن ، والتي تتعرض للمبيدات الكلورينية تلاحظ أن هذه المواد تخرج في اللبن ، وحيث أن اللبن يعتبر الغذاء الرئيسي للاطفال الرضع الشديدي الحساسية بدرجة غير عادية لفعل هذه السموم ، فإن المنظمات المسئولة عن صحة الانسان لا توصي بوجود أية آثار من هذه المبيدات ، بمعني أن الحد الآمن في اللبن يساوي صفرا ، ولقد أشار الباحث Mann وزملاؤه الي أن عمليات تجهيز اللبن بما فيها البسترة لم تخلص اللبن من مخلفات الـ د٠د٠ت أو مشتقاته في الدهن ، كما أثبتت الدراسات أن كميات الـ د٠د٠ت توجد بمقدار ٥ر٠ جزء في المليون ، ولقد وجدت كميات صغيرة من الـ د٠د٠ت تراوحت بين ١٠ر٠ الي ٧٧ر٠ جزء في المليون في اللبن الادمي بمتوسط ١٣ر٠ ، بينما وصل تركيز الـ د٠د٠ت في الجزء الدهني من لبن صدر الامهات الي ٢ر٣ جزء في المليون.

ولقد أثبتت الدراسات كذلك وجود بقايا الـ د٠د٠ت والاندرين وغيرها من المبيدات الكلورينية في بيض الدجاج البياض الذي تغذي علي علائق ملوثة ، ويمكن القول أن بيض المائدة يمثل مصدراً كبيراً لمخلفات هذه المواد في الوجبات الخالية من اللحوم ٠

ج) الوجبات الجاهزة :

من الاهمية بمكان دراسة بقايا المبيدات في كل مكونات الوجبات الغذائية علي حدة ، حتي يتمكن المسئولون من وضع التشريعات التي تحمي الانسان من الضرر ، ولهذا تجب معرفة كميات بقايا المبيدات التي يستهلكها الناس فعليا ، وهذه لا يمكن تخمينها أو حسابها نظرياً ، لان الغذاء يتكون من العديد من المكونات ، ولا يمكن القول ان المكونات التي لا ترش بالمبيدات خالية تماماً من بقايا المبيدات لان إحتمالات التلوث العرضي كثيرة وقائمة ، ولقد أسفر حصر الاطعمة التي تقدمها المطاعم وغيرها من المؤسسات عن وجود بقايا المبيدات ولو ضئيلة من الـ د٠د٠ت ، وبوجه عام ثبت أن الأطعمة التي تطهي مع الدهون ، وتلك التي تحتوي علي اللحوم والزيت بها كمية بقايا عالية من الـ د٠د٠ت عن غيرها من الاطعمة ، وإتضح أن ناتج تمثيل الـ د٠د٠ت والمعروف بالـ DDE يتكون بنسبة كبيرة كلما كانت محتويات الغذاء من الـ د٠د٠ت كبيرة ، وفي إحدي الدراسات عام ١٩٥٤ وجد أن جميع الوجبات التي أختبرت لم تكن تحتوي علي كميات من الـ د٠د٠ت إلي الحد الذي يسبب أضرارا سامة ، تبعا لمعايير التسمم المزمن عن طريق الفم لهذا المركب ، وفي الاسكا ثبت وجود مخلفات د٠د٠ت في الغذاء الذي يقدم للمرضي في المستشفيات بمتوسط ١٨٤ر٠ مللجم د٠د٠ت وكذلك ٠٢٦ر٠ مللجم DDE ٠

في رسالة دكتوراه بجامعة مشتهر ١٩٩٠ أجريت دراسة حصر لبقايا المبيدات الموجودة في المواد الغذائية في احدي عشرة محافظة بمصر ، ووجد أن

محافظة الغربية والقاهرة وكفر الشيخ كانت تحتوي عيناتها علي بقايا المبيدات في حوالي ٨٠٪ من العينات في حين كانت الاسكندرية والمنوفية والقليوبية أقلهم حوالي ٢٥٪ من العينات ، وكانت أهم بقايا المبيدات الموجودة بالعينات الغذائية هي بقايا اللندين – د٠د٠ت ديلورين – اندرين – ميثوكس كلور – مالاثيون – وبريمفوس مثيل وكان أكثر المبيدات توجد في العينات هو اللندين وسادس كلوريد البنزين والـ د٠د٠ت حيث لوحظت في عينات القمح والذرة . ولقد تراوحت تركيزات بقايا المبيدات في العينات من آثار الي ٩ر١ جزء/مليون حسب نوع المادة الغذائية والارض التي زرعت بها وتاريخ استعمال المبيد والكمية المستعملة منه ، ومن الجدير بالذكر أن مشتقات د٠د٠ت واللندين المتواجدة في المواد الغذائية من هذه العينات قد تراكمت بالرغم من إيقاف إستخدام هذين المبيدين منذ زمن طويل٠

ويجب أن تقوم السلطات الرقابية بإجراء رصد لتحديد مستويات متبقيات المبيدات في الاغذية والمحاصيل الزراعية لحماية المستهلك ، ولتسهيل تصدير الحاصلات الزراعية وللمحافظة علي مستوي جودة وسمعة المحاصيل المصرية واستمرار الثقة بها لدي كثير من الاسواق العالمية ٠

جدول (٣٥) محتوي عينات المواد الغذائية من بقايا المبيدات

العينة	عدد العينات المختبرة	لندين	عدد العينات المحتوية علي مبيدات		
			سادس كلوريد بنزين	د٠د٠ت	مالاثيون
قمح	٦٢	٨	٣٤	٩	٢
ارز	١٣	--	٨	١	--
ذرة	٥٤	١	١٠	١	--
شعير	١١	--	٤	--	--
خبز	١٣	٢	٧	--	١
رده	١٢	٣	٥	٤	--

جدول (٣٦) متوسط تركيزات بقايا المبيدات في المواد الغذائية

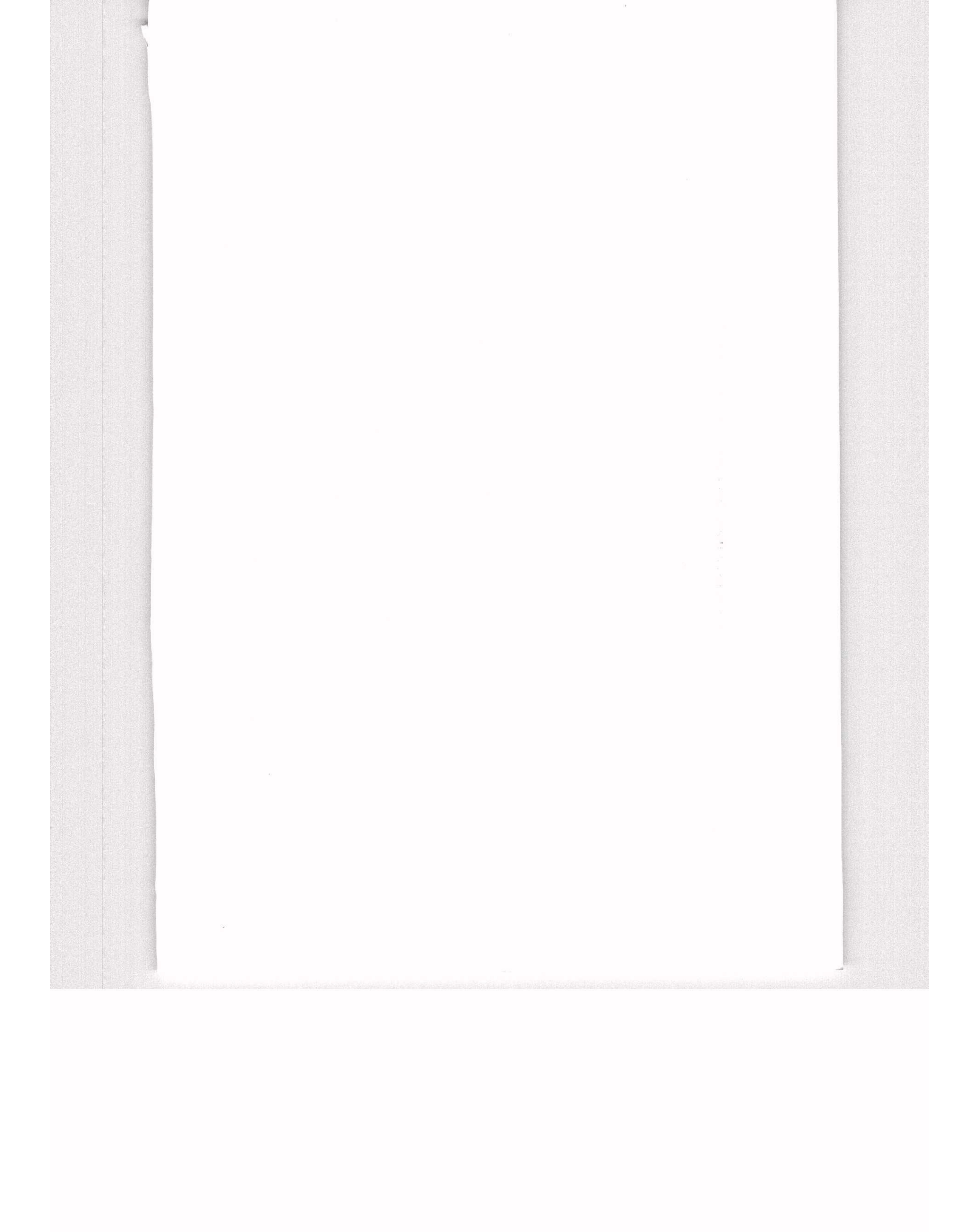
المادة الغذائية	اندرين	ديلورين	لندين	د.د.ت ومشتقاته
اللبن	٠٢٨ر	٠١٦ر	٠٢٢ر	٣٣٤ر
منتجات البان	٠٣ر	٥٠ر	٠٦١ر	٩٢٥ر
لحوم اسماك	١١٩ر	٠١١ر	٠٩٢ر	٦١٦ر
ابقار	٢٠ر	١٣٠ر	١ر١	١ر٢٠
خبز	٠١ر	١٢ر	٢١ر	٧٠ر
طماطم	٢١ر	١٣٤ر	٣٠ر	١ر١٠
بطاطس	٠٣ر	٠٠١ر	٠٠٢ر	٠٥ر
فاكهة	١ر٠٢	١٣ر	١٤ر	١ر٤
زيوت ودهون	٢٠٠ر	--	٠٠٣ر	٠٠١ر

وعمليات مسح المنتجات الغذائية في الأسواق لرصد مستويات متبقيات المبيدات في الأغذية ومقارنتها بالحدود القصوي المسموح بها والمؤكدة في إجراءات الدستور الغذائي ، معلومات مفيدة للتأكد من أن الاغذية المعاملة غير خطرة علي المستهلكين وأنها علي مستوي الثقة الواجبة بين المستوردين والمصدرين كما يمكن أن تفيد المعلومات المتحصل عليها من هذه الرقابة كأساس لتعديل طريقة الاستعمال وتحديد أو الغاء استخدام المبيد واتخاذ الاجراءات ضد من يسيء استعمال المبيدات.

ويفضل أن تقوم هيئة علمية مستقلة علي أعلي مستوى خبرة وكفاءة وإمكانيات بتحليل الآثار المتبقية علي الأغذية ومكونات البيئة وأن تقدم نتائجها بصورة دورية إلي هيئة الرقابة المسئولة عن التسجيل والسماح بأستخدام المبيد نفسه.



المراجـــع



أولاً : المراجع العربية :

*) ابراهيم البربري (١٩٨٧) مجلة التنمية والبيئة العدد الخامس فبراير ص ٣٤.

*) اسلام أحمد مدحت (١٩٩٠) التلوث مشكلة العصر ،سلسلة عالم المعرفة العدد ١٥٢ الكويت.

*) المؤتمر القومي حول البحث العلمي و المياه ،٤،٥ سبتمبر ١٩٩٠اكادمية البحث العلمى و التكنولجيا القاهرة – مصر – الجزء الخامس .اعداد :احمد اسماعيل الابيارى.

*) المجلس القومي للخدمات والتنمية الاجتماعية تقرير عن حالة البيئة الريفية في مصر، ١٩٩٣.

*) الجهاز المركزي للتعبئة والاحصاء (عدة نشرات احصائية).

*) الهيئة العامة للتصنيع، دراسة تأثير الصناعة علي البيئة في ج.م.ع الجزء الأول، حصر المواد الخطرة للمخلفات الصناعية السائلة: القاهرة ١٩٩٣.

*) جامعة الدول العربية – الادارة العامة للشئون الاقتصادية– تقرير وتوصيات لجنة تسيير برامج مكافحة التلوث الصناعي في الوطن العربي ١٩٩٢.

*) جيلوازخيا (١٩٧٨) مشكلة التلوث فى البحر الابيض المتوسط . معهد الانماء العربى ، بيروت.

*) د.ممدوح فتحى عبد الصبور، تلوث المياه بالمعادن الثقيلة ، مركز البحوث النووية ، القاهرة ،١٩٩٢

*) دراسة المجالس القومية المتخصصة عن(صناعة الأسمدة الكيماوية و مستقبلها فى مصر حتى عام ٢٠٠٠ (١٩٧٧).

*) محمد أبو الفضل (١٩٧٠) الاسمدة العضوية ، مطبعة السعاده القاهره.

*) محمد السيد ارناووط،، الانسان وتلوث البيئة، الدار المصرية اللبنانية ١٩٩٣.

*) محمد انور الديب، محمد بدوي، تقدير مستويات تركيز المبيدات الحشرية في اسماك البوري والبلطي في بحيرات مصر الشمالية، المركز القومي للبحوث، قسم تلوث المياة، ١٩٩٣.

*) مصطفى طلبة (دكتور) انقاذ كوكبنا - التحديات و الأمال حالة البيئة فى العالم ١٩٧٢ - ١٩٩٢.

*) منظمة الأغذية و الزراعة الكتاب السنوى للاسمدة أعداد مختلفة .

*) ندوة مركز النيل للاعلام و التعليم و التدريب عن تلوث البيئة فى الفترة من ٢٠/١١/١٩٨٢.

*) أحمد دويدار ، مجدى بهجت ، تقنيه جديدة لمعالجة مياه الصرف. ندوة المعالجة الكيمئيه و البيولوجية لمياه الصرف الصحى ٢-٣ ديسمبر ١٩٧٧.

*) جهاز شئون البيئة، فى بمجلس الوزراء،خطة العمل البيئى فى مصر القاهرة ، ١٩٩٢.

ثانيا : المراجع الاجنبية :

Abdel-Sabour, M. F. and Mohamed, A.R.A.G. (1994). On the optimum use of municipal waste water and organic waste for ameliorating sandy soils. final report, Project 263 -0152. Cairo, Egypt.

Allaway, W. H. (1968). Agronomic controls over the environ mental cycling of elements. Adv . Agron . 20: 235.

Anderssen , A.,and Lwikland (1965). Somthing about mercury in nature. Gruldfoerbattering 18:171-177.

Bertine,K.K.,and E.D.goldberg.1971.fossil fuel Combustion and the major sedimentary cycle.science 173:233-253.

Bowen, H. J. M. (1966) Trace elements in biochemistry, Academic press, London. New York.p.241.

Bowen, J.E. (1979) Kinetics of boron, zinc and copper uptake by barley and sugarcane, paper presented at Int.

Burton,W.M.,and N.G. Stewart.1960. Use of long-lived natural radio isotopes as an atmospheric tracer. Nature 186:584-589.

Caney ,R.L. (1992) Land application composted municipal solid wastes: public Health, safty and Environmental issues in procc-solid waste coposting conf .,P. 61-83. Solid waste comsting Council, Washington, Dc.

Chaney, A. L. (1973) , Crop and food chin effects of toxic elements in sludges and effuents ,. Environ, Protect.Technol. Series, 7:1-88.

Chaney, R. L. and Giord nno, P.M. (1977) ,Micro Elememnts as Related to Plant Dificiencies and Toxicities, PP. 234-279. In Elliot, L.Fand Stevenson, F.J. (ed), Soils for manigment and utilization of organic wastes and wastewaters. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wiscosin.

Chapman, H.D., Ed., Diagnostic Criteria for Plants and Soils, University of California, R iverside, Calif., 1972, 793.

Chow,t.j., AND M.S.Johnstone.1965. lead isotopes in gasoline and aerosos of the los Angeles basin, Calit.Science 147:502-503.

Craze, B., Restoration of Captains Flat mininig area, J.Soil Conserv. N. S.W., 33, 98, 1977.

Davies, B. E. Ed., Applied Soil Trace Elements, John Wiley and Sons, New Y ork, 1980, 482.

Davies, B.E., Heavy metal pollution of British agricultural soils with special reference to the role of lead and copp mining, in Proc. Int. Semin. on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture, Tokyo, 1977, 394.

Davies, BE. 1968. Anomalous levels of trace elements in Welsh soils. Welsh Soils Discussion Group Rep.No.9:72-87.

Foy, C.D.,Chaney, R.l., and White, M.C., the physiology of metal toxicity in plants, Annu .Rev. Physiolg., 29, 511, 1978.

Fujimura,Y.(1964). Studies onthe toxicity of mercury,No.7,Rep.2.Jap.J.Hyg. 18:10-16.

G. B. Willson , J. F. parr, En Epstein ,

G. Melvyn Howen, Jhon A. Loraine : Environmental Medicine. (London 1973).

O.M.Nelson.(1971). Area-wide trace element concentrations measured by multielement neutron activation analysis-a one- day study in Northwest Indiana.J.Air Poll.Conu Assoc.21:563-570.

Hewitt, E. J. Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition, Commonwealth Agriclture Bureaux, Bureaux, Bucks., U. K., 1966, 547.high trace element contents, in problems of Geochemical ecology of plants from the provinces of high trace element contents, in problems of Geochemical Ecology of Organisms, Izd. Nauka, Moscow, 1974, 57(Ru).

Hirschler.D.A.,and L.F.Gilbert.(1964). Nature of iead in automobile exhaust gas Area Environ. Health 8:297-313.

Iimura, k., Ito, H.,Chino, M., Morishita, T., and Hirtata, H., Behavior of cotaminant heavy metals in soil -plant system, in Proc. Inst. Sem. SEFMIA, Tokyo, 1977, 357.

Jackson N., H. G. P. Marris, P. G. Smith, J. F. Gramferd. : Environmental Health Reference Book. (1990)

Joensuu,O.I.1971.Fossil fuels as a source of mercury pollution. SCIENCE 172 :1027-8.

Kabata - Banadis and Banadis (1992) ,Trace elements in soil and plant ,CRC, Poland.

kabata - Pendias , and H. Pendies (1984) Trace Element in plant and soils, CRC. Poland.

Kitagishi, K. and Yamane, I., Eds., Heavy Metals Pollution in Soils of Japan, Japan Science Society Prss, Tokyo, 1981, 302.

Kloke, A., content of arsnic, cadmium chromium , fluorine, lead, mercury and nickel in plants grown on contaminated soil, paper presentad at United Nation-ECE Symp. on Effects of Air-borne Pollution on Vegetation, Warsaw, august 20, 1979, 192.

Lagerwerff,J.V.,andA.W.Specht.1970. Contamination of roadside soil and vegeration with cadmium,nickel, lead, and Zinc. Environ. Sci. Technol. 4:583-586.

Lazrus,A.L.,E. Lorange, and J.P. Lodge,Jr. 1970. Lead and other metal ionsin United states precipitation. Environ .Sci. Technol.4:55-58.

Little, P. and Martin, M. H.M A survey of zinc, lead and cadmium in soil and natural vegetation around a smelting complex, Environ. Pollut., 3, 241, 1972 .

McCarthy. J.H.,W.W. Vaughn.R.E. Learned, and J.L.Meuschke. 1969. Mercury in soil gas and air-a potential tool in mineral exploration. Geol. Survey, US Dept. o the Interior.Circular 609,p. 16.

McCarthy.J.H.,J.L.Meuschke ,W.H. Ficklin, and R.E. Learned. 1970. Mercury inthe atmosphere. p 37-39. in mercury in the envionment.Geol. Survey Profess. Paper 713, US Government Printing office.

Modsen H ., Poussenl, Grandyean P. : High Copper Conte in Drinking Water . Ugesker Laeger (1990) Jun 18 ,152(25) : 1806-9.

N.Muhlendberg. W. : High Aliuminium Concenration in well water , Evauation from the Public health and Ecological View Point . :Gesund Heitswes (1990) Jun, 52 (1) :1-8 .

Parr, J.F.,b. A. Ssustwart, S. B. Hornick and R. P. Singh (1990) Improving the sustgoinability of dry land faorming systems: A Global Prsective., Adv. in soil sci. Vol : 13 : 1-8.

Perry, H.m.,ih.tIPTON,H.A.Schroeder,R.L. Steiner, and M.j. Cook. 1961.V ariation in the concentration of cadmium in human kidney as a function of age and geographic origin.J. Chronic Dis. 14:259-271.

Peterson, P. J. Unusual accumulation of elements by plants and animals, Sci. Prog., 59, 505, 1971.

Piotrowska, M., The mobility of heavy metals in soils contaminated with the copper smelter dusts, and metal uptake by orchar. Materialy IUNG, 159-R, Pulawy, Poland, 1981, 88(Po).

Purves, D., The contamination of soil and food crops by toxic elements normally found in municipal westewaters and their consequences for human health. in Wastwaters Renovation and Reus, D,Itri ,F.M., Ed.,

Roberts, T. M., A review of some biological effects of lead emissions from primary and secondary smeltrs, paper presented at Int. Conf. on heavy Metals, Toronto, October 27, 1975,503.

Robinson, E., and F.L. Ludwig. 1967. Particle size distribution of urban lead aerosols. J. AirPoll.COTR. Assoc. 17:664-8.

Ruhling, A., and G.Tyler. 1970. Sorption and retention of heavy metals in woodland moss Oikos 21:92-97.

Schnitzer,M. 1968. Reactions between organic matter and inorganic soil constients.Int. Cong. Soil Sci.,Trans,9th(Adelaide,aust.) 1:635-644.

Shacklette, H. T., J. G. Boerngen, and R. L. Turner. 1971. Mercury in the environment Surticial materials of the conterminous United States. US Geological Survey circular 644, p. 5. Washington , D. C.

Shacklette,H.T. 1970. Mercury content of plants.p. 35-39 In Mercury in enviroment US. Geol.survey profess. paper 713,Washington, D.C.

Subst. in Environm. Health(In press).

Swaine, D. J. (1962) the trace element cotent of fertiizers common wealth Bureau of soils. Tech. common. No. 52.

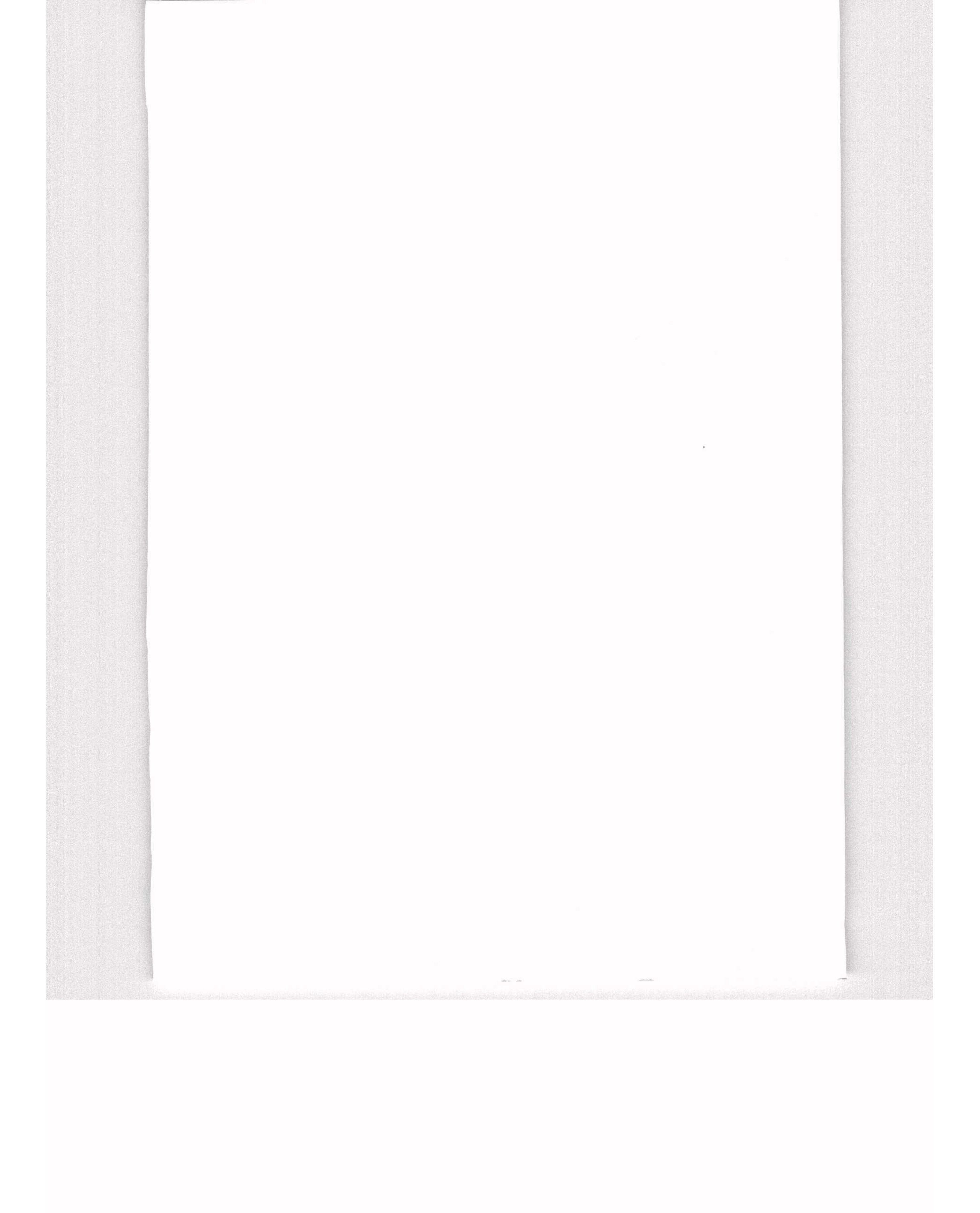
Thomas E., Charles G. J., Fredplum, floyd H Smith : Cecil Essentials of Medicine (1990)

Tiffin, L. o., the form and distribution of metals in plants : an overview, in Proc. Hanford Life Sciences Symp. U.S.Department of Energy, Series, Symposium Washington, D. C., 1977, 315.

U. S.Dept. of Agriculture. (1988). Low-input /sustainable AgricIture: Research and Education program. U. S.Government printing office. Washington , D. C.

Waste treatment for confined swine with an integris artificial wetland and agriculture system J. J. Maddox and J. B. K. ingslay (1988) PP. 191-200 IN A. D. Hammer (ed.)(constructed Wetlands for waste water Treatment), Lewis publishers .

Williams, R. J. P. 1967. Heavy metals in biological systems. Endeavor 26:96-100.



رقم الإيداع بدار الكتب
والوثائق القومية
٣٥٤٠ لسنة ٢٠٠٠